

ROCAS ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS DEL ESTE DEL ECUADOR



ROY J. COLONY
y
JOSEPH H. SINCLAIR



[ANNALS N.Y. ACAD. SCI. VOL. XXXIV, pp. 1-54, August, 1932]

ROCAS ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS DEL ESTE DEL ECUADOR[1]

por

ROY J. COLONY y JOSEPH H. SINCLAIR

Traducción al español por

Stalyn Paucar y Juan Quiroga

[1] La publicación de esta investigación ha sido posible por la subvención del Fondo John James Audubon (Income of the John James Audubon Fund).

CONTENIDO

FIGURAS

TABLAS

Nota: La versión original puede ser descargada de: Colony and Sinclair (1932) EN, Colon and Sinclair (1932) EN2 Los archivos .shp pueden ser descargados del siguiente link: Colony and Sinclair (1932) ES

Stalyn Paucar
(stalyn314paucar161@outlook.es)

Juan Quiroga
(juanFQL@hotmail.com)

Quito, 07 de marzo de 2021

I. INTRODUCCIÓN

Las rocas, del Este del Ecuador, que se describen en las siguientes páginas, fueron recolectadas durante dos campañas extremadamente difíciles, una en 1921 (*5*)[2] y otra en 1927-1928 (*4*), en aquella parte del Este del Ecuador denominada "Oriente", entre la Latitud 0° (Ecuador) y 2° S, extendiéndose desde los últimos picos de las Montañas Andinas hasta la confluencia de los Ríos Napo y Coca, 77° al oeste de Greenwich.

Los resultados geológicos de la primera expedición fueron publicados, en parte, como una memoria (*7*), la cual estaba mayormente limitada a la descripción de rocas sedimentarias y sus fósiles, los últimos demostrando la presencia, en el Este del Ecuador, de sedimentos de edad Albiense, subdivisión del período Cretácico.

Se ha realizado suficiente trabajo petrográfico de las rocas de los Andes del Ecuador, pero prácticamente nada de aquellas del "Oriente" o de las boscosas estribaciones y zonas bajas del este de los Andes. Las montañas volcánicas de los elevados Andes, como el Chimborazo, Cotopaxi, etc., han sido el tema favorito de estudio de geólogos europeos y los resultados de sus investigaciones se exponen en varias publicaciones, no es nuestra intención citar a todas éstas.

Los geólogos alemanes, Wilhelm Reiss y Alphons Stübel, (*3*) son particularmente nombrados debido a sus labores durante cinco años, en las que visitaron mayor parte de los Andes ecuatorianos. Recolectaron diferentes rocas y las entregaron a petrógrafos alemanes para su estudio. En el curso de su investigación obtuvieron material de tres localidades en el límite occidental del área que describimos.

Reiss y Stübel trabajaron en Ecuador desde 1870 a 1874; en este período recogieron alrededor de 6000 rocas ígneas. Para el estudio de estas rocas varios petrógrafos examinaron más de 1800 secciones delgadas. Incluso, la bibliografía relacionada al trabajo de Reiss y Stübel, y sus colaboradores, es muy extensa para citarla en esta memoria.

Antes de la expedición en 1921 de Sinclair y Wasson no se había reportado fósiles pre-terciarios en Ecuador. Se concluyó, solamente por comparación de rocas en algunos sitios, que los pocos afloramientos de rocas sedimentarias (perturbadas entre rocas ígneas), eran de edad cretácica. Sin embargo, las rocas ígneas de las zonas altas andinas del Ecuador, han sido descritas como lavas terciarias y cuaternarias, y las rocas metamórficas (esquistos y gneises) son consideradas, por todos los geólogos que han realizado estudios de campo en ellas, como muy antiguas.

La mejor descripción de las rocas ígneas más próximas a nuestra área es la de Von Wolff, (*2*) que proporciona en gran detalle los resultados de su examinación petrográfica de la colección de Reiss y Stübel de los picos de los Andes a lo largo del margen occidental de nuestra área.

[2] En toda la publicación, los números en cursiva y encerrados en paréntesis se refieren a las referencias incluidas en la bibliografía.

El valor de nuestras colecciones del Este del Ecuador radica no solo en el número de especímenes y variedad de rocas ígneas representadas, sino en el hecho de que, en esta área, por primera vez, se observaron claramente las relaciones de campo entre sedimentos de edad verificada, y una gran serie de rocas volcánicas alteradas. En el “Oriente” los sedimentos del Cretácico tienen lugar en amplias áreas en una disposición casi horizontal y en ocasiones sus capas inferiores pueden estar subyacidas por cierto tipo de rocas ígneas. En los Andes es imposible saber si las rocas ígneas se encuentran por encima o por debajo de los pocos sedimentos expuestos.

Las expediciones de 1921 y 1927 probaron que los volcanes, que hasta ahora se pensaba que se limitaban a los altos Andes, están de igual modo presentes en las faldas de las colinas y las tierras bajas hacia el este. El gran volcán "Sumaco" eleva su poderoso cono en medio de las rocas cretácicas de las estribaciones. En 1926, un volcán nuevo y hasta ahora desconocido, llamado por los Indios "El Reventador", entró en actividad en un punto a unas 30 millas al este de los Andes principales, y es posible que posteriormente se descubran otros centros volcánicos.

Con la excepción de varias muestras de lava (recientemente recolectadas) de los flujos de los flancos del Antisana hacia el Oriente y, de otras localidades que representan flujos aislados de lava, no se han recolectado muestras de lava reciente por las expediciones de 1921 y 1927, debido a que éstas están ampliamente distribuidas en los Andes, inmediatamente hacia el occidente, y porque han sido anteriormente descritas.

Las únicas muestras de lavas recientes del Este del Ecuador previamente descritas en la literatura geológica (*1*), prueban ser únicas pues son las primeras lavas feldespáticas hasta ahora conocidas en todo el Ecuador.

II. CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS

La región, de donde se obtuvo las muestras para la colección, está entre las elevadas cimas de los Andes y la baja llanura amazónica. En el occidente están los grandes picos nevados del Cayambe (19000 pies), Antisana (18700 pies), Cotopaxi (19300 pies), Tungurahua (16500 pies), El Altar (17400 pies) y Sangay (17100 pies). En el Este, en la confluencia de los Ríos Napo y Coca, y solo a 90 millas de la anterior línea de cumbres, se encuentran elevaciones tan bajas como 850 pies sobre el nivel del mar. Esta pendiente dominante es interrumpida por cuerpos montañosos menores, que son de gran elevación y prominencia. El gigante cono volcánico del Sumaco, por ejemplo, se levanta hasta los 12500 pies, se encuentra a mitad de camino entre el Antisana y la confluencia de los Ríos Napo y Coca. Las aún inexploradas Montañas Galeras, 28 millas al sur del Sumaco, tienen cumbres de alrededor de 5400 pies sobre el nivel del mar, y el volcán “El Reventador”, recientemente activo, situado 45 millas al norte del Sumaco, es un rasgo prominente de alrededor de 6000 pies sobre el nivel del mar. Por tanto, la zona es una fuerte característica topográfica.

Los ríos que descienden de las cumbres nevadas del Ecuador, hacia las profundas gargantas, saltando grandes cascadas y llegando hacia la “línea de caída” (*fall-line*), lo hacen continuamente por los rápidos, a unos 850 pies de elevación.

III. DIFICULTADES EN LA EXPLORACIÓN

Las dificultades de explorar esta región se vuelven casi insuperables por la excesiva pluviosidad, que en algunos lugares alcanza los 17 pies por año, y por los bosques que cubren la totalidad del área hasta una elevación de 10000 pies sobre el nivel del mar. En estos bosques, los pocos senderos son "túneles" tenebrosos a través de la vegetación, donde el explorador se hunde hasta las rodillas en el lodo y es constantemente acosado por los aguaceros y por las gotas que caen de los árboles. La temperatura y las condiciones climáticas varían desde un dominante cálido tropical en la boca del Coca hasta las tormentas nevosas de las zonas altas, a elevaciones de 13000 pies. La población es muy limitada. Los asentamientos de los Indios se encuentran muy dispersos, y los ocasionales y ampliamente separados pueblos de los pioneros blancos, tienen muy pocos habitantes.

IV. PETROGRAFÍA

Las cuarenta y cuatro muestras de rocas descritas en las siguientes páginas, recolectadas al este de los Andes durante las dos expediciones de 1921 y 1927, pueden dividirse en cinco grupos:

A. Rocas metamórficas: esquistos de varios tipos.
B. Rocas ígneas: fundamentalmente muestras superficiales, de edad comprobada pre-Albiana.
C. Rocas ígneas: fundamentalmente muestras superficiales, probablemente también pre-Albianas, pero cuya edad no es segura porque sus afloramientos están lejos de las ocurrencias de sedimentos de horizonte geológico conocido.
D. Granitos.
E. Lavas del Terciario tardío, Cuaternario y edad reciente.

El nombre de cada roca y el grupo al que pertenece en base a la clasificación anterior se muestran en la tabla I.

Las rocas ígneas, con excepción de los granitos y esquistos, podrían estar subdivididas en dos subgrupos, (1) flujos superficiales y tobas, de edad incuestionable pre-Terciaria debido a la condición profundamente alterada de las rocas; y (2) rocas volcánicas del Terciario a Reciente, debido a la falta de alteración de cualquiera de los minerales primarios.

A. Rocas Metamórficas

Los Esquistos

El "núcleo" de los Andes de Ecuador está compuesto por rocas metamórficas, esquistos y gneises, de edad desconocida, aunque generalmente se consideran pre-paleozoicas y como parte de la amplia Formación del mismo carácter, común en muchas partes de Sudamérica.

En Ecuador, estos esquistos y gneises afloran desde las fronteras peruanas hasta las colombianas en una banda estrecha, más o menos continua, que corre casi norte-sur como la cordillera principal de los Andes. En esta área se incluye a la línea de elevados picos volcánicos que forma el límite oriental de los altos Andes y a las laderas orientales de estas montañas hasta lo que se puede llamar la base de los Andes.

En este cinturón del Ecuador los esquistos están expuestos en elevaciones tan altas como 13448 pies[3] sobre el nivel del mar. En la parte occidental de los Andes se encuentran generalmente bajo enormes masas de lavas y tobas, los productos de la actividad volcánica terciaria a reciente. Es bastante lógico concluir que estos esquistos son las rocas más antiguas del Ecuador. La peculiar estrechez de los afloramientos sugiere que forman la base y los lados de un gran bloque fallado que fue volcado hacia el occidente en dirección al Océano Pacífico.

Los esquistos descritos en esta memoria fueron recolectados del desfiladero de Papallacta, uno de los grandes desfiladeros que corta en la ladera oriental de los Andes, en donde las aguas del Río Papallacta y el Río Quijos se unen para formar el Río Coca. Se encontraron por primera vez a una elevación de 9400 pies; continuando hacia el este por el desfiladero, desaparecen a una elevación de 6400 pies. Por lo tanto, afloran en un rango vertical de 3000 pies. El ancho de este cinturón en el desfiladero de Papallacta es de alrededor de catorce millas. En el límite superior en las cercanías del pueblo de Papallacta se desvanecen bajo lavas y tobas del Terciario tardío y no reaparecen en ningún lugar en las treinta y tres millas entre este punto y Quito, aunque durante la travesía ascendimos a más de 13000 pies sobre el nivel del mar y descendimos tan bajo como 7400 pies.

Las nueve muestras recogidas en el desfiladero anteriormente mencionado son rocas intensamente metamorfizadas. Todos son esquistos cristalinos, plegados, arrugados (*crumpled*) y presentando todos los aspectos de una roca que ha sido sometida a un metamorfismo dinámico regional en conjunción con el ataque de una fuente ígnea subyacente. Presentan una historia excesivamente compleja que involucra un origen, que en algunos casos fue ciertamente ígneo, en otros probablemente sedimentario.

Dado que hay algunas características interesantes conectadas con las muestras, aquí se las describe en detalle. Además, con la excepción de tres muestras recolectadas por Reiss y Stübel en agosto 1871[4], ninguna descripción se ha publicado de estos esquistos del Valle de Papallacta.

- ***El Espécimen No. 1*** fue recolectado en un afloramiento masivo 2.5 millas al este del pueblo de Papallacta, en la orilla izquierda del río a lo largo del sendero, a una elevación de 9404 pies.

Es una roca gris clara con textura variable, con mucha sericita escamosa brillante; está muy rayada (*streaked*) y es heterogénea en su composición, gruesa, foliada y fuertemente cizallada, con el aspecto general de esquisto.

---

[3]Esquistos de mica ricos en feldespato, un poco filíticos, de la cumbre occidental de Jacatuna de Namuloma estribaciones occidentales de Antisana, según Reiss y Stübel.

[4] La colección de Reiss y Stübel consta de: un “gneis filita” de la iglesia del pueblo de Papallacta; bloques de “gneis filita” en el Río Papallacta en la boca del Yuracyacu y; un “esquisto de mica moscovita” con abundante material carbonáceo del Valle de Papallacta, entre la aldea de Papallacta y la boca del Yuracyacu.

TABLA I

		Ubicación	Muestra No.	Nombre de la Roca
METAMÓRFICO	ESQUISTOS	Río Papallacta	1	Ortoesquisto de origen complejo
		Río Papallacta	2a	Ortoesquisto de origen complejo
		Río Papallacta	1a	Esquisto cuarzo-sericítico
		Río Papallacta	3	Roca cizallada; milonitizada
		Río Papallacta	4	Mica esquisto helicítico
		Río Papallacta	5	Esquisto con sismondita
		Río Papallacta	5a	Pórfido meta-diorítico cizallado
		Río Papallacta	6	Pórfido meta-diorítico cizallado
		Río Papallacta	6a	Pórfido meta-diorítico cizallado
		Río Papallacta	7	Ortoesquisto (Esquisto roca verde)
		Río Quijos	8	Esquisto biotítico de origen complejo
		Río Quijos	9	Roca esquistosa de origen complejo
ÍGNEO	(a) VOLCÁNICOS PRE-ALBIENSES (PRE-CRETÁCICO MEDIO)	Río Coca	1-L	Toba volcánica ácida desvitrificada
		Río Coca	L-a	Ceniza volcánica desvitrificada
		Río Coca	Z	Meta-andesita
		Río Coca	1	Traqui-andesita o latita
		Río Coca	1-a	Toba latítica o latita tobácea
		Río Coca	2	Toba volcánica ácida
		Río Coca	3	Felsita esferulítica
		Río Coca	4	Toba volcánica
		Río Coca	5	Basalto modificado
		Río Coca	6	Toba andesítica
		Río Coca	17	Andesita basáltica
		Río Coca	18	Latita porfirítica
		Río Misahuallí	A	Felsófiro traquítico tobáceo o ceniza traquítica modificada
		Río Misahuallí	69	Felsófiro traquítico
		Río Misahuallí	71	Amigdaloide basáltico alterado
		Río Misahuallí	72	Basalto alterado
		Río Misahuallí	72-c	Basalto amigdaloide alterado
		Río Misahuallí	73	Toba delenítica
		Río Jandache	B	Vitrófiro delenítico
	(b) PROBABLEMENTE VOLCÁNICOS PRE-ALBIENSES (Excepto Nos. 11 y 12)	Río Pastaza	7a	Riolita
		Río Pastaza	7c	Riolita
		Guacamayos Mt.	A	Pórfido monzonítico meteorizado
		Guacamayos Mt.	B	Granófiro esferulítico
		Guacamayos Mt.	C	Gabro muy alterado
		Río Papallacta	2b	Andesita caolinizada, silicificada. Incluida aquí por conveniencia
		Río Quijos	12	Roca serpentinizada
		Río Quijos	11	Caliza brecha
	(c) GRANITOS	Río Urcusikiyacu	a	Granito biotítico
		Río Napo	b	Granito biotítico
		Río Pastaza	7b	Granito gráfico
	(d) LAVAS CUATERNARIAS	Río Papallacta	10	Basalto
		Río Cosanga	2	Andesita

Petrográficamente, la roca indica haber sido ígnea en su origen: sea un granito o una granodiorita. Las características originales están considerablemente obscurecidas por la cizalla y por la modificación de anteriores componentes, debido al ataque de material ígneo. Por tanto, existe una estructura anterior dentro de la roca, heredada de una condición previa, y además estructuras secundarias sobrepuestas. En gran parte, los minerales originales eran plagioclasa hipidiomórfica, biotita y talvez cuarzo, aunque no es seguro cuanto cuarzo estaba presente inicialmente como cuarzo primario ortotéctico (magmático) y cuanto cuarzo invadió la roca durante las posteriores etapas de metamorfismo.

La plagioclasa está fracturada y micro-fracturada; la plagioclasa más antigua está casi por completo, si no totalmente, reemplazada y modificada, de forma que solamente queda el "fantasma" de ella. Los productos de alteración comprenden pequeños prismas de zoisita, granos de epidota, fragmentos de sericita, pequeños granos de granate (algunos de ellos muy idiomórficos), y turbios parches compuestos por un muy pequeño agregado granular del mismo conjunto de productos antes mencionado que corresponde a saussurita. Todos estos productos están en los límites de la plagioclasa original; también están incluidos en cristales de albita, la cual se extiende más allá de los bordes de la antigua plagioclasa, y que además en gran parte ha reemplazado los anteriores feldespatos. En algunos lugares la plagioclasa albitizada ha tomado una estructura "pseudo-pertítica" debido a la deformación, subsecuente al período de reemplazamiento, que fracturó y dislocó el maclado de albita, de tal forma que el feldespato, a primera vista, se parece a una micropertita. Solo unos pocos indicios de la estructura y de la composición de la anterior plagioclasa se preservan, pero su forma está enfatizada por el grupo de productos de alteración ya mencionado.



FIG. 1 – *Papallacta No. 1* – Ortoesquisto de origen complejo. Dibujo, en luz ordinaria, mostrando relictos de antiguos feldespatos en la albita posterior. Los antiguos feldespatos consisten en agregados de zoisita-epidota-sericita, granos de granate y diminutos agregados granulares del mismo conjunto de productos. Las áreas incoloras son cuarzo, con trenes de inclusiones. ×43.

La biotita rara vez mantiene alguna semejanza con su forma original; se encuentra comúnmente comprimida en rayas (*streaks*) compuestas por finos fragmentos y pequeñas hojuelas de mica incolora mezclada con puntos blancos-amarillos opacos de leucoxeno, puntos de óxido de hierro y granos de cuarzo. Existen pocos remanentes que sugieren que aún conserva su forma original, incluso estos están plegados y distorsionados y, están alterados de la manera ya descrita.

La albita (formada posteriormente) está rellena tanto de inclusiones de burbujas, líquidos y minerales, toscamente orientadas, y en mayor parte intersecando las direcciones del clivaje en ángulos oblicuos.

Durante las últimas etapas del metamorfismo, cuarzo, albita y un poco de moscovita fueron introducidos en la roca, transectando feldespatos fracturados y distribuidos en rayas y parches. Incluso el cuarzo (formado posteriormente) y la albita que fueron introducidos y cuyos feldespatos han reemplazado en parte a los anteriores feldespatos de la roca, han sido deformados por fracturamiento y granulación, por lo que al menos se registran dos etapas de deformación; una conectada con el período de "empapamiento" de líquidos graníticos que llevaron a cabo el reemplazamiento de los primeros feldespatos y la "granitización" de la roca; la otra, la más tardía, corresponde a un periodo de post-granitización que granuló y fracturó tanto la roca granitizada como la materia reemplazada. Además, existe evidencia de que la introducción de cuarzo continuó después de la última deformación, puesto que en la No.1 y No. 2 existen áreas de cuarzo y calcita asociada en agregados de mosaicos granulares que no muestran rasgos de deformación.

- ***El Espécimen No. 2a***, tomado 6.7 millas al este de Papallacta, a una elevación de 8571 pies, es similar a la No. 1 en sus características, estructura e historia. Es una roca de color claro, rayada, esquistosa y de grano grueso. La plagioclasa está fracturada y atestada de innumerables inclusiones, que consisten mayormente en sericita de grano grueso, con un poco de epidota y zoisita, granos de granate, titanita granular y clorita. El mismo conjunto de productos mezclado con cuarzo granular, albita y un poco de pirrotina, están distribuidos a lo largo de zonas de fractura. Existe mucha más calcita asociada con el cuarzo y feldespato introducidos que en el Espécimen No. 1, pero estas muestras se parecen más en otros aspectos.

A pesar de que estas dos muestras fueron obtenidas de afloramientos a una distancia de 4 millas y a una diferencia de altitud de 800 pies, son esencialmente similares en su composición y la secuencia de eventos registrados en ellas es la misma.

Algunas de las características descritas se muestran en la Figura 1, ésta es un dibujo de la sección delgada del Espécimen No. 1, y la Figura 2 es una microfotografía (en nícoles cruzados) de este mismo espécimen. El dibujo representa la apariencia de una sección delgada en luz ordinaria, muestra las antiguas plagioclasas atestadas de densos, muy finos agregados de epidota-zoisita, mezclados con grandes granos y prismas de los mismos minerales, en una matriz de albita que se extiende en áreas más claras, más allá de los márgenes originales de la anterior plagioclasa.

La microfotografía (Fig. 2), tomada con una magnificación más baja que el dibujo (Fig. 1), ilustra las mismas condiciones. Aunque existe un pequeño indicio de esquistosidad tanto en el dibujo como en la microfotografía, la roca no solo está gruesamente foliada, también exhibe efectos de inyección. Es claro que se trata de un ortoesquisto, pero tiene una complejidad añadida debido al empapamiento, inyección, modificación y reemplazamiento, consecuencia del ataque de la etapa final del concentrado residual del mismo magma que dio origen a la granodiorita, o por un ataque de un magma posterior.

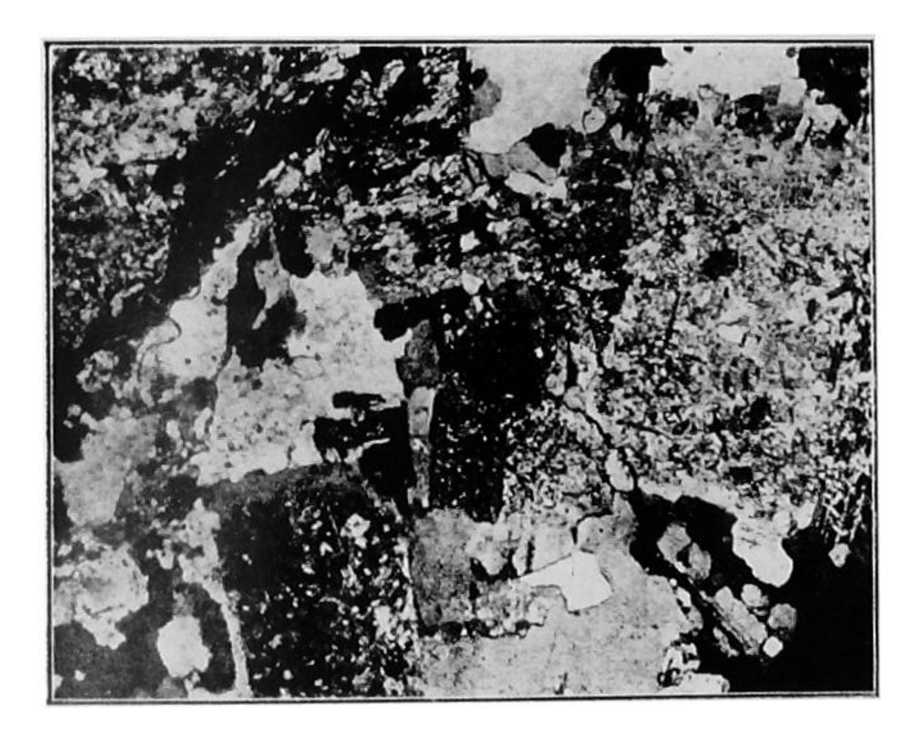


FIG. 2 – *Papallacta No. 1* – Microfotografía del mismo esquisto mostrado en la Figura 1, nícoles cruzados. Nótese las estructuras remanentes del antiguo feldespato en la albita posteriormente formada y, en el agregado granular de zoisita-epidota-sericita en la albita fresca. ×34.

Comentario sobre el análisis: Un análisis de la roca, en comparación con los análisis promediados de 10 granodioritas, 20 cuarzodioritas, y un promedio combinado de 37 análisis de tonalita, cuarzomonzonita y granodiorita, muestra diferencias marcadas en las proporciones de algunos de los constituyentes, especialmente cuando el análisis de Papallacta No. 1 es comparado con la granodiorita promedio.

Las granodioritas promedio (Nos. 2 y 4, Tabla de Análisis) tienen tres veces más potasa que la muestra No. 1 del camino de Papallacta, pero solo dos tercios de soda. La cal es más alta en las granodioritas promedio, pero la magnesia es considerablemente menor. Sin embargo, los porcentajes de sílice y alúmina, en los análisis promedio de granodioritas, son casi iguales a los de sílice y alúmina de la muestra No. 1, Papallacta. El análisis de la roca de Papallacta no es en absoluto comparable con el promedio de veinte análisis de cuarzodioritas, el cual se incluye aquí simplemente con el propósito de extender el rango de comparación. Estas diferencias en la composición de la roca de Papallacta, comparada con la composición de la granodiorita promedio, pueden deberse en parte a la entrada de emanaciones ígneas de una fuente subyacente, y a la sustitución del feldespato, originalmente más rico en potasa, por emanaciones ricas en soda. Mientras que la roca, a juzgar simplemente por la sección delgada, es una granodiorita cizallada y modificada, es probable que este espécimen en particular contenga más material de granodiorita que del esquisto más antiguo invadido por la granodiorita, de modo que sólo quedan rastros del esquisto más antiguo.

TABLA II. TABLA DE ANÁLISIS

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sílice	SiO_2	67.54	67.18	59.47	66.10	65.30	60.42	60.50	56.76	63.40
Alumina	Al_2O_3	15.26	15.45	16.52	15.32	18.02	16.32	18.20	16.20	16.57
Óxido férrico	Fe_2O_3	1.29	1.75	2.63	1.97	1.17	1.93	4.52	4.16	1.90
Óxido ferroso	FeO	2.82	2.27	4.11	2.90	4.71	2.62	0.86	3.36	1.90
Magnesia	MgO	2.85	1.55	3.75	1.77	2.87	3.82	2.87	4.08	2.14
Óxido de calcio (Cal)	CaO	2.16	3.57	6.24	3.81	0.98	5.06	2.39	5.82	3.83
Óxido de sodio (Soda)	Na_2O	4.94	3.63	2.98	3.48	1.12	4.41	4.63	3.93	4.77
Óxido de potasio (Potasa)	K_2O	0.92	2.79	1.93	2.74	2.47	0.65	1.90	2.39	3.48
Agua 110°	H_2O -	0.04	-	1.39	1.06	0.00	0.01	0.59	-	-
Agua sobre 110°	H_2O +	0.81	-	-	-	1.93	0.90	1.96	-	-
Óxido de titanio	TiO_2	0.68	0.50	0.64	0.53	0.50	0.58	0.74	0.96	0.48
Penta-óxido de fosfato	P_2O_5	0.10	0.23	0.26	0.27	0.10	0.10	0.10	0.25	0.21
Óxido manganoso	MnO	0.28	0.21	0.08	0.04	0.39	0.47	0.80	0.12	0.07
Trióxido de azufre	SO_3	0.07	-	-	-	0.03	0.09	0.09	-	-
Dióxido de carbono	CO_2	0.04	-	-	-	0.29	1.72	0.03	-	-
						Hierro (Fe) Azufre (S)	0.37 0.21			
TOTAL		99.8	99.13	100	99.99	99.88	99.68	100.18	98.03	98.75

1. Muestra No. 1. Papallacta. Análisis por Ledoux & Co., New York
2. Promedio de 10 análisis de granodioritas
3. Promedio de 20 análisis de cuarzodioritas. Daly, R. A., Igneous Rocks and Their Origin [Las Rocas Ígneas y su Origen], 1914, p. 26.
4. Promedio de 37 análisis de tonalita, cuarzomonzonita, granodiorita. Daly, R. A., *Idem*, p. 25.
5. Muestra No. 5, Papallacta. Análisis por Ledoux & Co., New York
6. Muestra No. 6, Papallacta. Análisis por Ledoux & Co., New York. *Nota:* Esta muestra contiene pirita y trazas de galena.
7. Muestra No.6, Río Coca. Análisis por Ledoux & Co., New York
8. Promedio de 12 análisis de andesitas. Bul. 419, U.S.G.S., 1910.
9. Promedio de 6 análisis de pórfidos dioríticos. Bul. 419, U.S.G.S., 1910.

- **El *Espécimen No. 1a***, 2.5 millas al este de Papallacta, elevación de 9404 pies, es un esquisto cuarzo-sericítico de textura moderadamente fina de origen incierto. Aunque la muestra se obtuvo del mismo lugar que la No. 1, existe poca similitud entre ellas, a excepción de algunos minerales que ambas contienen. La roca está compuesta por cuarzo; prismas de zoisita y epidota; rayas y láminas de clorita y moscovita; un poco de anfíbol azul-verde; feldespato claro, sin maclas, de menor índice de refracción que el bálsamo (<1.535 ±) y con ángulos de extinción (medidos en relación al clivaje) de 10° a 30°, una característica inusual; titanita granular, cristales de circón y un poco de pirrotina, todos estos minerales orientados en el plano de esquistosidad de la roca. Las rayas y láminas de moscovita y clorita, los pequeños prismas de epidota, zoisita y anfíbol azul-verde, y algo de cuarzo que está alargado en el mismo plano de esquistosidad, son responsables de la estructura esquistosa. Pero también hay rayas de cuarzo y feldespato que son granulares y semejantes a un mosaico, y que no aportan a la esquistosidad de la roca. Estos tienen la característica de material inyectado, derivado de una fuente ígnea; es decir, estas rayas son consideradas como inyecciones *lit-par-lit (capa por capa)* de algún tipo.

No existe evidencia directa de las condiciones iniciales de la roca; es imposible determinar si representa un sedimento intensamente metamorfizado o si es una porción de granodiorita fuertemente cizallada y altamente metamorfizada, aunque parece más probable que esta muestra represente el esquisto antiguo, de origen sedimentario, en lugar de una fase intensamente cizallada de una roca masiva como la granodiorita. Sea cual fuese su condición original, la roca no solo ha sido convertida en un esquisto cristalino, también ha sido afectada por inyecciones de material bajo control ígneo, una circunstancia que favorece la conclusión de que esta muestra representa parte del antiguo esquisto de probable origen sedimentario.

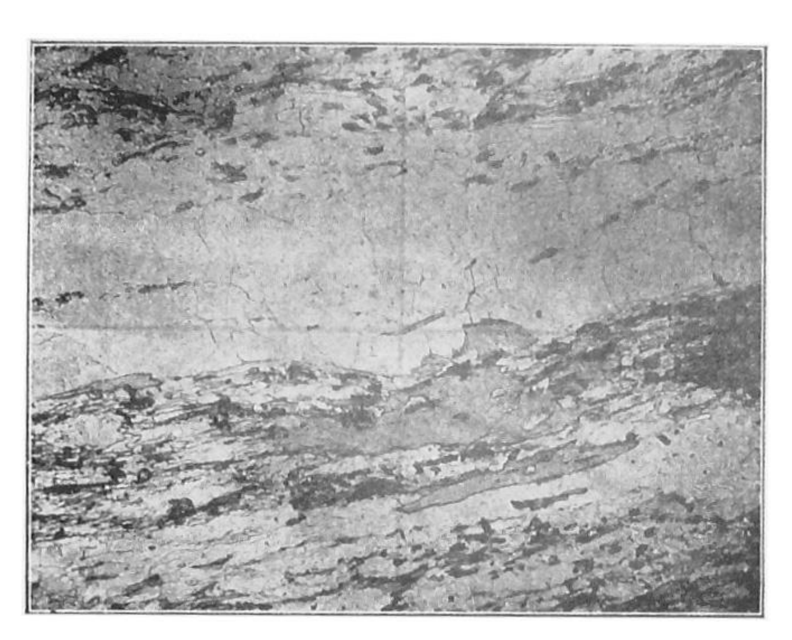


FIG. 3 – *Papallacta 1a* – Esquisto cuarzo sericítico. Microfotografía, en luz ordinaria, mostrando la esquistosidad. La banda en la mitad superior de la figura es un mosaico granular de agregados de cuarzo con granos no deformados. Los grandes parches gris-oscuros son clorita, los granos pequeños y prismas son epidota y zoisita, las láminas y agujas de color claro son sericita. ×24.

Las características de esta roca se muestran en la Figura 3, la cual ilustra algunas de las condiciones descritas y además presenta un notable contraste con el *Espécimen* No.1, ver Figuras 1 y 2; aunque ambas muestras vienen de la misma localidad.

- **El *Espécimen No. 3***, 7.5 millas al este de Papallacta, elevación 8330 pies, es una roca de textura gruesa, marrón, con manchas de aspecto ferroso, con salpicaduras gredosas, cizallada, que recuerda a un granito o granodiorita cizallado y meteorizado. Ha sido sometida a trituración de considerable intensidad, de modo que la roca está más o menos milonitizada, y se ha desarrollado mucho material limonítico, junto con una sustancia blanquecina, opaca, distribuida en rayas que cortan a todos los otros minerales de la roca. Hay parches no-triturados y rayas de agregados de mosaicos entrelazados conformados de cuarzo de grano grueso, áreas compuestas por agregados escamosos muy finos, brillantemente polarizantes, de mica incolora y, moscovita más gruesa en grupos de agregados, que se asocian con feldespato potásico y que contienen innumerables inclusiones orientadas transversalmente al clivaje de la mica; bajo un gran aumento resultan ser cavidades largas y estrechas llenas de líquido y burbujas.

Hay evidencia que indica dos etapas de deformación; la primera fue más intensa. Se piensa que durante esta etapa la roca fue triturada y granulada. El otro y posterior período generó fracturas que cortan todas las otras estructuras en la roca. Agentes externos han atacado la roca a lo largo de estas últimas debilidades, produciendo material limonítico.

Las características primarias de la roca son desconocidas, aunque es probable que una extensa fase de cizallamiento haya afectado a la granodiorita.

- **El *Espécimen No. 4***, 9 millas al este de Papallacta, elevación de 8114 pies, tiene una fuerte esquistosidad, está plegada-arrugada, con laminaciones blancas-negras, y muy micácea. Tiene todas las características de un esquisto de mica plateada, "empapado" e "inyectado".

En la sección delgada, muestra una notable estructura helicítica debido al reemplazamiento del "cuerpo" del esquisto con cuarzo granular y un feldespato ópticamente positivo, ocasionalmente con macla tipo Carlsbad, cuyos índices de refracción son menores que el índice del bálsamo, y con ángulos de extinción tan altos como 25° (medidos respecto al clivaje); características similares a las del Espécimen No. 1a.



FIG. 4 – *Papallacta* No. 4 – Mica esquisto helicítico. Dibujo, en luz ordinaria, mostrando la estructura helicítica. La estructura remanente del esquisto, ahora conservada en forma de puntos carbonáceos y rayas, pasa a través de la posterior sustitución de cuarzo y feldespato que no es esquistosa. ×24.2.

Los cristales de feldespato son alotriomórficos a hipidiomórficos, en pocas ocasiones con maclado tipo albita. Son metapoiquilíticos, con muchas inclusiones compuestas por burbujas de cuarzo, muchos prismas pequeños de zoisita, granos de circón, pequeños cristales de turmalina, granos de epidota, granos de titanita, prismas de apatito, y material grafítico considerablemente fino, negro y posiblemente carbonáceo; todo distribuido en una estructura arrugada, esquistosa que pasa indiferentemente a través de los granos y los límites de los granos de cuarzo y feldespato (formados por reemplazamiento), también a través de los cristales de moscovita que están asociados con los dos anteriores. Estos "fantasmas" de esquistosidad enfatizan las estructuras relictas en el esquisto.

Hay también bandas de agregados claros de cuarzo, de igual modo mezclado con feldespato y con un clinocloro muy ligeramente verde, bellamente maclado.

El espécimen muestra más o menos claramente:

(a) El desarrollo de un esquisto de origen incierto, pero probablemente sedimentario, formado por procesos metamórficos de intensidad considerable. El esquisto puede haber sido inicialmente una filita derivada de un sedimento, algo arrugada, y quizás algo grafítica.

(b) El empapamiento, inyección y actual reemplazamiento por concentraciones residuales de etapa final de una fuente granítica o granodiorítica; gran parte del cuarzo y todo el feldespato pertenece a esta etapa, y es probable que el clinocloro y la moscovita sean productos formados por la acción de la emanación residual sobre la materia que era parte del esquisto original.

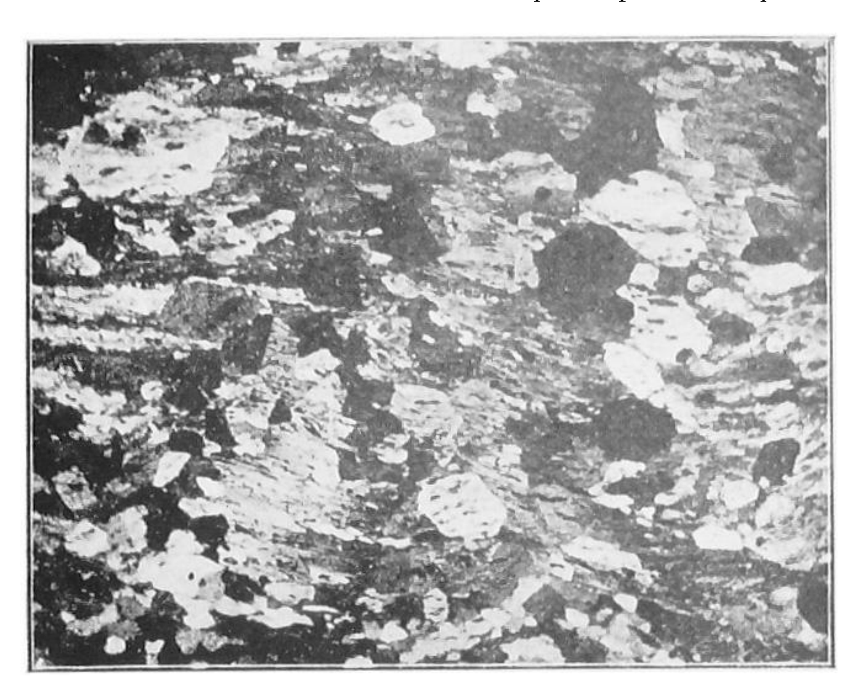


FIG. 5 – *Papallacta* No. 4 – Microfotografía del mismo esquisto mostrado en la Figura 4, en nícoles cruzados. Nótese los agregados granulares de cuarzo y albita no deformados, que reemplazan a la roca, y que contienen estructuras *fantasmas* de la filita original. ×24.

Esta notable roca, con su hermosa estructura helicítica y clara historia que indica el reemplazamiento de una filita por las emanaciones de una fuente magmática, se ilustra en la Figura 4, el dibujo está hecho en luz ordinaria, y muestra la estructura remanente del esquisto, que pasa indiferentemente a través del mosaico de reemplazamiento compuesto por cuarzo y feldespato; y la Figura 5, una microfotografía tomada con una magnificación menor que el dibujo, muestra el aspecto de la sección en nícoles cruzados.

- **El *Espécimen No. 5***, 10.1 millas al este de Papallacta, elevación de 7579 pies, es un *esquisto moscovítico* de textura fina, color gris plata, compuesto por cuarzo elongado en el plano de esquistosidad, largas y sinuosas rayas de moscovita, que en ocasiones encierran "augen" microscópicos de granos de cuarzo; y prismas, manojos, grupos y rosetas de una variedad incolora de cloritoide correspondiente a sismondita. Las rosetas están formadas de prismoides, que parten desde algunos centros compuestos por granos individuales y grupales de cuarzo rellenos con diminutas inclusiones de sismondita. Los prismas exhiben maclado polisintético, una característica común de la ottrelita; sin embargo, la falta de color y pleocroísmo sugiere que los cristales tienen más magnesia y menos hierro que la ottrelita ordinaria. El análisis de la roca confirma esta suposición; la mayor parte de la magnesia reportada en el análisis, probablemente está contenida en la sismondita, puesto que los otros componentes esenciales en la roca son la moscovita y el cuarzo. Existen diminutos, microscópicos cristales de rutilo escasamente distribuidos en la roca, muchos muestran macla geniculada a una escala microscópica. Siempre que la mayor parte de magnesia esté contenida en la sismondita, la roca debería tener por lo menos 15% de tal componente. Esto corresponde aproximadamente con la composición mineral presentada por la sección delgada.



FIG. 6 – *Papallacta No.5* – Esquisto con sismondita. Dibujo en luz ordinaria, que muestra rosetas, granos y prismoides de ottrelita (sismondita). Las partes incoloras son cuarzo. También se muestra la esquistosidad debido a los arreglos de la sismondita. ×43.

***Comentario del análisis**:* La alúmina (18.02%) es mayor en proporción a la sílice (65.30%), en comparación a lo normal que tiene una roca con la cantidad obtenida al sumar los álcalis (K_2O+Na_2O = 3.59%), y la cal (0.98%) es relativamente baja (ver la Tabla de Análisis), asumiendo que el esquisto se derivó de una roca ígnea. La mayor parte de potasa y soda quizás está contenida en la moscovita, aunque parte de la soda puede estar en la sismondita. El hierro está probablemente distribuido, en mayor parte, tanto en la moscovita como en la sismondita.

De la composición química y el ensamble mineralógico de la roca, se considera que este esquisto de cuarzo-moscovita-sismondita se derivó de un intenso metamorfismo dinámico que afectó a un sedimento y no a una roca ígnea.

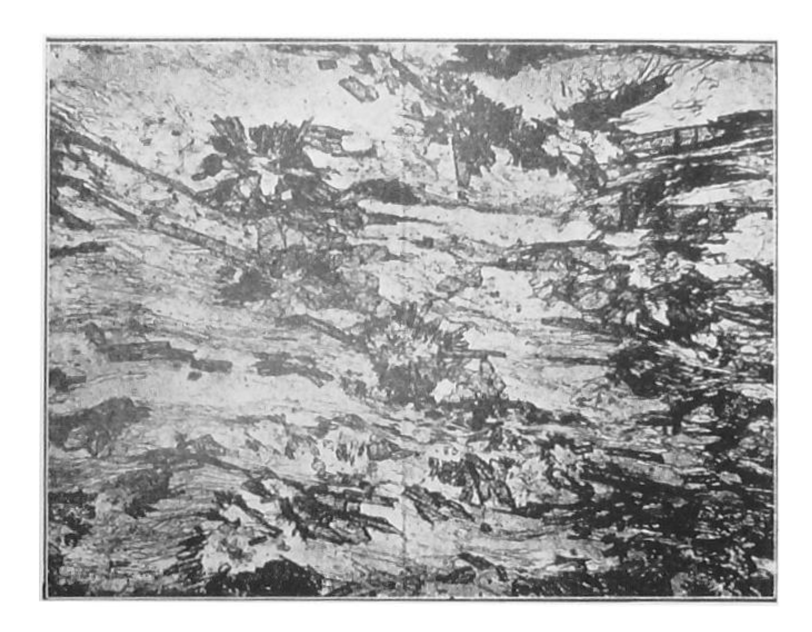


FIG. 7 – *Papallacta No. 5* – Microfotografía, del mismo esquisto mostrado en la Figura 6, en luz ordinaria. Los prismas y granos con relieve alto y áspero son sismondita. El relieve bajo se debe a las rayas de moscovita, las suaves y planas áreas son cuarzo. ×33.

Las características de la roca se ilustran en la Figura 6, dibujada a partir de la sección delgada en luz ordinaria, y en la Figura 7, una microfotografía tomada en luz ordinaria. Se muestran algunos de los prismoides y rosetas de sismondita, la moscovita y el cuarzo, y en general la esquistosidad de la roca.

- **Los *Especímenes Nos. 5a, 6, y 6a*** son muy similares. El No. 5a fue encontrado en el mismo lugar del esquisto con sismondita No. 5, recientemente descrito, 10 millas al este de Papallacta. Los Nos. 6 y 6a son de la misma localidad, 10.7 millas al este de Papallacta, a una elevación de 7561 pies.

Todas estas rocas están intensamente cizalladas y son pórfidos completamente metamorfizados de probable composición inicial diorítica. En el No. 5a los fenocristales originales de plagioclasa ahora consisten en finos agregados granulares de zoisita, epidota y albita, un poco de calcita y ocasionalmente un poco de cuarzo y clorita. Mucha de la epidota de grano fino está distribuida por toda la matriz, la cual ha sido completamente recristalizada en un toscamente orientado, entrelazado, agregado cristalino de cuarzo granular, albita, granate, calcita, y fragmentos, rayas, parches de cristales de biotita corroída. Muchos de los fenocristales albitizados muestran parcial reemplazamiento por epidota y zoisita y más o menos granulación a lo largo de los márgenes; en algunos casos han sido sometidos a una granulación mucho más extensa. Estas rocas son pórfidos metadioríticos intensamente cizallados, epidotizados, albitizados (saussuritizados), modificados y reorganizados.

La matriz de las muestras No.6 y 6a es una recristalización y modificación compleja de cuarzo, albita, epidota, calcita, moscovita, clinocloro, y un poco de pirita y pirrotina.

Los pseudomorfos de saussurita después de fenocristales de plagioclasa actúan como “augen” de algún tipo, puesto que los minerales de la matriz se balancean alrededor de estos en líneas de flujo dinámico. En las Nos. 6 y 6a prevalecen las mismas condiciones, pero la mayoría de los fenocristales originales de feldespato están albitizados, pero no tan saussuritizados como los del Espécimen No. 5a. Otros han sido en parte, y otros completamente, convertidos en agregados cristalinos de grano grueso de epidota. Cristales corroídos de hornblenda café están escasamente distribuidos en la matriz, así como unos rasgados parches y rayas de clinocloro.

Algunas de las características mencionadas se muestran en la Figura 8, una microfotografía de la muestra No. 5a, tomada en luz ordinaria. Los parches negros son agregados pseudomórficos diminutos de saussurita después de fenocristales de plagioclasa. La matriz, completamente recristalizada y modificada, consiste mayormente en cuarzo, albita y biotita. Los innumerables diminutos puntos en el cuarzo y la albita de la matriz son inclusiones de burbujas y líquidas.

Comentario sobre el análisis: Un análisis de la muestra No. 6 se da en la tabla de análisis, y para la comparación se ha incluido al promedio de seis análisis de pórfidos de diorita.

La sílice en Papallacta No. 6 es menor que el promedio de los pórfidos de diorita, pero todos los otros constituyentes con excepción de la potasa y el óxido manganoso son razonablemente consistentes, aunque tanto la magnesia como la cal son más altas en la roca de Papallacta. Hay menos de una quinta parte de potasa y casi siete veces más óxido manganoso en Papallacta No. 6 como se muestra en los análisis promedio de pórfido de diorita. Entre los análisis de rocas ígneas enlistados por Washington (6), en solo dos de los veintitrés análisis de pórfido de diorita citados se encuentra la potasa con menos del uno por ciento, y en un solo análisis se reporta menos del tres por ciento de soda.



FIG. 8 – *Papallacta No. 5a* – Metadiorita porfídica cizallada y modificada. Microfotografía, luz ordinaria. Los cristales negros son pseudomorfos de saussurita fino-granular (agregados extremadamente fino-granulares de zoisita-epidota-albita) después de fenocristales de feldespato. La matriz está compuesta por cuarzo granular y feldespato y pequeños cristales de biotita que están llenos de diminutas inclusiones de burbujas. ×24.

El contenido promedio de potasa de los veintitrés análisis es de 2.52%, el contenido promedio de soda de 4.14%, cifras comparables con el contenido promedio de álcali de los seis pórfidos dioríticos enlistados en la tabla de análisis.

Con excepción del contenido bajo de potasa, la composición de la muestra No. 6 de Papallacta es comparable con las composiciones de pórfidos dioríticos de todo el mundo, de modo que la cizalla y el metamorfismo de la roca pudo haber resultado en el desarrollo de la esquistosidad y recristalización de los componentes primarios, sin la adición de ningún otro constituyente y sin la substracción de algún material de la roca, a menos que algo de la potasa originalmente presente haya sido eliminada durante el metamorfismo, y quizá se haya añadido un poco de soda y agua.

- **La *Muestra No. 7***, 12.5 millas al este de Papallacta, elevación de 6972 pies, es muy diferente a los anteriores especímenes. Es una roca endurecida, esquistosa, de grano fino y color verde. El color se debe a las abundantes láminas de clinocloro, de color esmeralda y fuertemente pleocroicas, orientadas en el plano de esquistosidad. Tanto la zoisita como la epidota son abundantes como granos, prismas y masas de agregados; la roca contiene mucho cuarzo granular y feldespato alcalino, algunos en la forma de albita, otros como granos alotriomórficos sin maclas. El cuarzo, feldespato, clinocloro, epidota y zoisita componen la mayor parte de la roca. Existe un poco de mica incolora, ocasionalmente intercrecida con el clinocloro, y también hay bandas de cuarzo en mosaico, paralelas a la esquistosidad de la roca, que tienen el aspecto de cuarzo posterior o de inyección. Las características iniciales de la roca son desconocidas, pero su composición, observada en la sección delgada, sugiere una derivación de roca ígnea de afinidad básica media, algo similar a los pórfidos dioríticos cizallados, albitizados y metamorfizados de los Nos. 5a, 6 y 6a; aunque la gran cantidad de clorita y epidota, y la baja cantidad de fenocristales remanentes, así como la textura fina, sugieren derivación de una roca ígnea como la andesita o el basalto. En su actual condición, esencialmente es un esquisto tipo roca verde.

- **El *Espécimen No. 8***, 14.4 millas al este de Papallacta, elevación de 6600 pies, es una roca esquistosa de textura moderadamente fina, color gris verdoso, con mucha biotita. La estructura esquistosa es consecuencia de la cizalla y recristalización. La biotita, pobremente orientada, está distribuida en largas rayas, escamas rasgadas, hojuelas y parches. Es de color verde-café claro en la posición de máxima absorción, y casi incolora en la posición de mínima absorción. Muchas de las hojuelas de biotita contienen inclusiones de granos de epidota, y particularmente una mostraba halos pleocroicos color café oscuro alrededor de un diminuto cristal incluido, quizá cristales microscópicos de circón. Existe un pequeño clinocloro de color verde pálido con su característica macla polisintética, además de epidota casi incolora y zoisita asociada, distribuidos en "enjambres" de granos, como cristales prismáticos grandes, y en grupos de granos. Estos minerales son muy notables en la roca. También existe un considerable cuarzo en una especie de mosaico, y una pseudopertita similar a la mencionada en el Espécimen No.1, que consiste en la anterior plagioclasa que fue albitizada y suficientemente deformada durante el posterior cizallamiento de la roca, de modo que desarrolló un interrumpido y dislocado maclado tipo albita, el cual se asemeja, a primera vista, a una estructura micropertítica. Minerales accesorios de menor relevancia son la moscovita, cristales pequeños aleatorios de granate, titanita granular, y un poco de pirita de forma euhedral no deformada, con bordes bien definidos.

Algo de cuarzo está distribuido en granos en una especie de mosaico que no muestra estructuras de trituración, sin embargo, actúa como un hospedante para el ensamble de granos de epidota-zoisita; pero existen otros lugares en la sección en los que tanto el cuarzo como el feldespato han sido granulados. Mientras el carácter original de la roca es desconocido, la composición y el ensamble mineral sugieren que se pudo haber derivado de la misma granodiorita que fue la fuente del Espécimen No.1. Es un esquisto biotítico de origen incierto.

- **El *Espécimen No. 9***, *16* millas al este de Papallacta, elevación de 6375 pies, es una roca esquistosa de grano fino, rayada y de color gris plata. Áreas locales dentro de la sección delgada son esquistosas, pero no existe constancia en la orientación de los granos. Existen, sin embargo, estructuras de cizallamiento de origen posterior que cortan todas las otras estructuras de la roca, y a lo largo de estas debilidades se distribuyen pequeños cristales de moscovita, prismas de zoisita, epidota y una considerable cantidad de carbonato, pirita y pirrotina. Los sulfuros debieron ser introducidos posteriormente a los periodos de deformación, puesto que cortan y en algunas partes reemplazan otros minerales en la roca; están distribuidos intersticialmente en largueros (*stringers*) irregulares, que cortan a través del cuarzo, el feldespato y el carbonato indiferentemente, y transectan prismas de zoisita y epidota, además rellenan las fracturas transversales en ellos. La misma situación prevalece, por lo menos, con respecto a la magnetita. La calcita también invade a otros minerales, aunque los sulfuros, como se mencionó anteriormente, son posteriores a ésta, de acuerdo con las relaciones estructurales entre ambos minerales.

El cuarzo y la albita son minerales notables en la roca, ambos llenos de diminutas inclusiones en forma de granos opacos (magnetita?) y transparentes, incluso cristales cortos, robustos, pero extremadamente pequeños, además de “agujas” largas y transparentes. El feldespato es albita, de la cual la mayor parte a sufrido deformación; mucha de ella muestra un maclado interrumpido y dislocado y, tiene enjambres y trenes de inclusiones líquidas y de burbujas en adición a las ya mencionadas. Muchas de las “agujas” se asemejan a largas, delgadas cavidades en lugar de a cristales. Son interrumpidas por fracturas transversales, son irregulares en su espesor, terminan en puntas redondeadas y muchas de ellas tienen diminutas inclusiones, que quizá sean burbujas extremadamente pequeñas. Quizás la roca es una porción cizallada de granodiorita.

B. Rocas ígneas

a. Volcánicos pre-Albienses

En tres localidades en el Este del Ecuador, en el Río Coca, el Río Misahuallí y el Río Jandache, las rocas sedimentarias, que están ligeramente inclinadas, son subyacidas por volcánicos muy alterados, la mayoría son tobas modificadas. La notable similitud de estas rocas ígneas de localidades muy separadas, y su relación con los mismos sedimentos, nos hace creer que son de la misma edad.

Calizas fosilíferas del Albiense (Cretácico Medio) están separadas del contacto con estas rocas ígneas por sólo unos pocos pies de sedimentos; en un lugar son areniscas, en otro, calizas similares. Es posible que entre estas capas por debajo de las calizas marinas albienses se encuentren representantes de los sedimentos del Ordovícico, Devónico, Carbonífero, Jurásico y Cretácico Inferior que se han sido encontrados en Perú a pocos kilómetros al sur.

Es seguro que estas rocas ígneas son de edad pre-albiana. Es probable que sean mucho más antiguas, porque parecen ser acumulaciones superficiales de lava y tobas y no intrusiones de rocas ígneas, y fueron por lo tanto depositadas en una superficie que tuvo que ser hundida para permitir la invasión del mar y la acumulación de los depósitos marinos cretácicos.

Se desconoce el espesor de estas rocas ígneas; no hemos visto su base expuesta. En cada una de las tres localidades donde las hemos estudiado había unos 100 pies de ellas debajo de las capas más inferiores de los sedimentos.

En los altos Andes adyacentes, existen rocas ígneas de similar composición y alteración, las cuales probablemente pertenecen a la misma Formación. Más abajo discutiremos la probabilidad de que las felsitas, andesitas, pórfidos, granófiros y gabros del Río Pastaza, Río Papallacta y las Montañas Guacamayos, pertenezcan a la misma serie.

Serie Río Coca

Las doce muestras del Río Coca fueron recolectadas de rocas masivas aflorantes en los bancos del río, en lugares entre 56 a 61 millas arriba de la desembocadura del río, representando una superficie entre 1864 a 2050 pies sobre el nivel del mar. En el ascenso del Río Coca desde su desembocadura, por 56 millas todas las rocas son sedimentarias. Cambian progresivamente a rocas de mayor edad debido a una leve inclinación hacia el este de los estratos. En un punto a 56 millas de la desembocadura del río, la base de los sedimentos está subyacida por rocas ígneas, y tan río arriba como fuimos capaces de continuar, en un punto a 61 millas de la desembocadura, las rocas ígneas forman el lecho del río, que aquí ocupa un profundo cañón, amurallado con acantilados de rocas sedimentarias.

Debido a que la base de las rocas ígneas no es visible, no conocemos su espesor o si otras rocas sedimentarias se encuentran debajo o no.

Las rocas ígneas encontradas (muestras 1-L y L-a) en las altitudes más bajas, ± 2100 pies sobre el nivel del mar, a 61 millas de la desembocadura del río, son volcánicos fragmentales presentes en afloramientos masivos sin algún rastro de estratificación visible. Estratigráficamente arriba de éstas, se encuentran las rocas representadas por la muestra No. 18, 60.5 millas arriba de la desembocadura del río, y por la muestra No. 2, obtenida a una elevación de 2008 pies, alrededor de 59 millas arriba de la desembocadura del río.

Una andesita muy tobácea (Espécimen No. 6), de las cascadas inferiores del Río Coca, alrededor de 58 millas desde la desembocadura del río y a una elevación de 2000 pies, se encuentra cerca de los sedimentos.

Sobre este horizonte, y representadas por las muestras 1, 1-a, 2, 3, 4 y 5, recolectadas a una elevación de 1936 pies, a 58 millas de la desembocadura del río, se encuentran traqui-andesitas o latitas alteradas, latitas tobáceas, y tobas volcánicas ácidas, una felsita esferulítica, una toba volcánica de composición traqui-andesita, y un basalto modificado. En este punto las rocas son muy masivas, ligeramente estratificadas, y fracturadas.

La roca (No. 17) que subyace inmediatamente a los sedimentos, es una andesita basáltica.

Puesto que no se tiene ningún antecedente de la geología de esta aislada región de donde provienen las muestras, unas breves descripciones petrográficas de ellas serán de mucho interés.

- **Las *Muestras 1-L* y *L-a*** fueron tomadas más arriba del cañón del Río Coca y de un horizonte estratigráfico más inferior que cualquiera de los otros especímenes de esta serie. Tienen una textura muy fina, están fuertemente endurecidas y ligeramente meteorizadas a lo largo de las superficies de las juntas. La No. 1-L es gris y tiene diminutos cristales de pirita distribuidos a lo largo de los planos de las juntas. La No. L-a es negra y de textura muy fina; pero, macroscópicamente, ninguna revela su verdadera naturaleza, debido a los cambios producidos por el intenso ataque hidrotermal al que fueron sometidas.

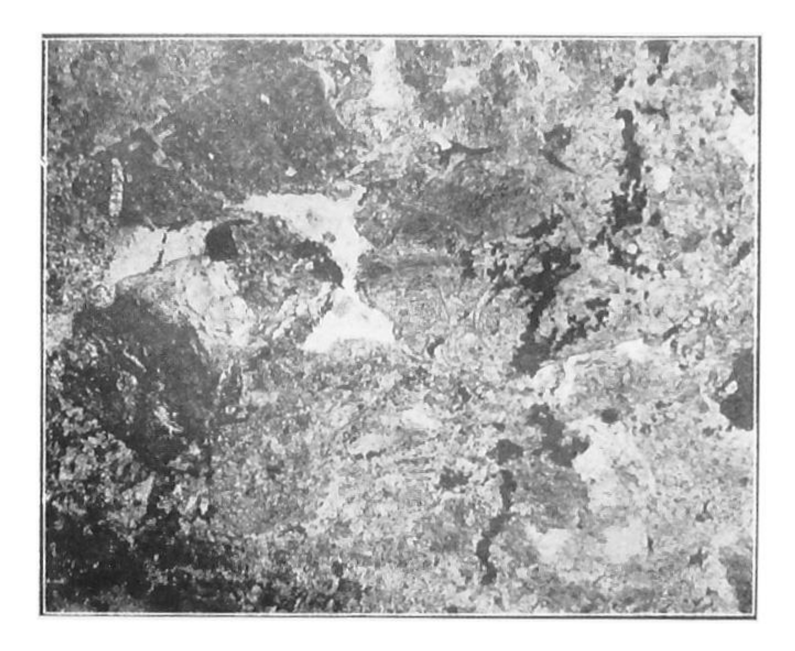


FIG. 9 – *Río Coca 1-L* – Toba volcánica desvitrificada. Microfotografía, en luz ordinaria, mostrando el carácter clástico. Nótese los fragmentos de vidrio perlítico, y otros fragmentos vítreos de lava. La raya negra que corta la roca es una vetilla interrumpida de pirita. ×34.

Ambas rocas son volcánicos fragmentales, pero difieren en la naturaleza de los fragmentos que las componen. La No. 1-L está compuesta por fragmentos de vidrio volcánico ácido, incluyendo piezas de vidrio que son pumíticas, fragmentos de obsidiana con características estructuras de flujo, trozos de vidrio perlítico, trozos de vitrófiro y otros pedazos de roca, además de muchos fragmentos modificados y rotos de feldespato alcalino y plagioclasa ácida. Los cristales de magnetita y apatito están asociados con algunos de los fragmentos líticos, vetillas de perfecta y fresca pirita cortan todas las estructuras en la roca, transectando a muchos de los granos de magnetita. Todos los fragmentos líticos y minerales están bien empaquetados en una pequeña cantidad de matriz compuesta en gran parte por ceniza vítrea ácida, ahora completamente desvitrificada. En adición al producto de la desvitrificación de las partículas finas de vidrio, se ha desarrollado clorita, hematita, magnetita polvorienta y granular, cuarzo y leucoxeno, como efecto de alteración.

La roca también ha sido fracturada, y se ha introducido cuarzo, albita y pirita. Es una toba volcánica ácida desvitrificada. La Figura 9 ilustra el hábito fragmental y la naturaleza de los fragmentos.

- **La *Muestra No. L-a*** era inicialmente una ceniza ácida fina, con trozos pequeños, rotos y angulosos de cuarzo y, además, feldespato alcalino y plagioclasa ácida (sódica). El principal producto de modificación es un agregado de desvitrificación cuarzoso y feldespático, aunque también se ha producido un poco de leucoxeno, clorita y sericita. La textura se ha engrosado por desvitrificación y muchos restos (“fantasmas”) completamente modificados de fragmentos de vidrio volcánico se distribuyen por la roca. Es una ceniza volcánica desvitrificada.

- **El *Espécimen No. 18*** del siguiente horizonte estratigráfico más alto y de un punto a 60.5 millas de la desembocadura del Río Coca, elevación 2050 pies, es una roca fuertemente modificada, indurada y ligeramente tobácea con matriz traquitoide, cuyos fenocristales son tanto de plagioclasa ácida como de feldespato alcalino, algunos de los cuales muestran saussuritización parcial; mientras que, en otros, la zoisita, la epidota, sericita y la albita ocurren en granos individuales separados y en parches. En este espécimen, también, la matriz general es extremadamente irregular y diferente en aspecto de un lugar a otro, sin embargo, aparte de los obvios fragmentos líticos, que están muy alterados, pero fácilmente reconocibles como unidades líticas distintas, las múltiples áreas diferentes en la matriz se fusionan entre sí por gradaciones imperceptibles. Así, a pesar del comportamiento irregular, la roca parece ser de origen definitivamente pirogénico y no piroclástico. La roca tiene cristales más grandes de magnetita y apatito que las otras rocas de esta serie. Pequeños cristales de piroxeno, pero de dimensiones fenocristalinas, están completamente alterados a serpentina, y en raras ocasiones a una mezcla de cuarzo, epidota, zoisita y serpentina. La roca es intermedia entre las traquitas y las andesitas. Es una latita porfirítica o traqui-andesita, modificada e indurada.

- **La *Muestra No. Z***, a 60 millas hacia arriba de la desembocadura del Coca, elevación 2008 pies, representa un horizonte más cercano a los sedimentos. Se trata de una roca porfídica con estructura de flujo, inicialmente de composición andesítica, pero ahora completamente modificada y fuertemente indurada. Los fenocristales de plagioclasa originales, moderadamente básicos, se componen de agregados mixtos de sericita gruesa, calcita granular, cuarzo, albita y epidota, todos ellos formando agregados pseudomorfos después del feldespato original. Fenocristales, de hornblenda original que inicialmente fue resorbida a lo largo de los bordes, han sido alterados a una mezcla de calcita, epidota en grupos aciculares radiales, en forma de abanico y un poco de cuarzo, todos pseudomorfos después de la antigua hornblenda. Las estructuras de los antiguos márgenes resorbidos están preservadas como pseudomorfos compuestos por una sustancia blanco-opaca; puede tratarse de leucoxeno derivado de la alteración de posible magnetita granular titanífera que se formó durante la resorción de la hornblenda original.

Los pequeños listones de plagioclasa de la matriz también se reproducen estrictamente como agregados mixtos pseudomorfos, similares a los fenocristales mucho más grandes de feldespato.

Parches de carbonato, conteniendo talvez un poco de hierro y magnesia, además de cal, y pequeñas áreas irregulares de agregados secundarios de cuarzo, están dispersos por toda la matriz, como productos de la alteración de una porción de ella, también son intersticiales a la pequeña matriz de feldespatos. La roca contiene pequeñas áreas irregulares rellenas con clorita y cuarzo en mosaico, lo que sugiere que la lixiviación y relleno fueron operativos entre los procesos secundarios que afectaron profundamente a la roca. La mayor parte, sino toda, de los componentes primarios ha sido destruida. Pocos cristales diminutos de apatito y granos euhedrales posiblemente de magnetita primaria son los únicos remanentes originales.

La roca consiste en sericita gruesa, albita, cuarzo, calcita y otro carbonato, epidota, zoisita, clorita, leucoxeno y un poco de hematita. Lo más llamativo es la retención de anteriores estructuras en la roca, a pesar del completo cambio de sus componentes. Es una meta-andesita.

- **El *Espécimen No. 6***, obtenido de un afloramiento masivo en las cascadas inferiores del Río Coca, 58 millas a partir de la desembocadura del río, elevación de 2000 pies, representa el siguiente horizonte de estas rocas ígneas cercanas a los sedimentos. Está roca es tan variable en la textura de sitio en sitio, lo que sugiere que es un volcánico fragmental; aunque existen algunos distinguibles fragmentos líticos cuya composición es diferente de la parte principal de la roca, la mayor parte de ésta es de composición andesítica. La matriz cambia gradualmente en características; en algunos lugares existe una clara estructura pilítica común de las andesitas; en otras una estructura fino-granular, y en otras porciones la roca es pilítica más gruesa con buena estructura de flujo. Todas estas unidades aparentemente diferentes gradan entre ellas, de manera que no existe fragmentos individuales distinguibles, con la excepción de los anteriormente mencionados. Es difícil decir si la roca inicialmente fue una toba volcánica o un ensamble andesítico uniforme, cuyos fragmentos separados han sido obscurecidos por la alteración, o si es una lava andesítica fuertemente xenolítica cuyos "atrapados" fragmentos no sólo han sido retrabajados hasta perder sus marcados bordes, también han sido obscurecidos por la alteración. El aspecto general que tiene la roca es de una lava con muchas inclusiones, algunas de las cuales pueden ser connatas, mientras que las otras son xenolitos distinguibles de composición basáltica. Estos últimos contienen hermosos agregados pseudomorfos de cuarzo granular (en mosaico) después de piroxeno y olivino, mezclados en algunos casos con un poco de serpentina, además contienen parches muy irregulares que representan anteriores cavidades producto de la lixiviación, ahora rellenas de agregados de serpentina enmarañados, aciculares verdosos, que son casi isótropos, rodeados de material mucho más anisótropo que está compuesto por una masa de diminutas, escamas intercaladas, muy semejantes a sericita fina o talco, todo rodeado por unas estrechas bandas que contienen un conjunto de fibras perpendiculares a las paredes, que recuerda el hábito del crisotilo. Algunos de los parches tienen fenocristales de feldespato que han sido parcialmente alterados a cuarzo, sericita, zoisita-epidota y albita, y ocasionalmente los fenocristales de feldespato contienen canales, quizá formados por la lixiviación, rellenos del mismo agregado serpentinoso recién descrito.

Mucho o poco leucoxeno, titanita granular, clorita, magnetita y materia limonítica se distribuye por toda la roca en agregados granulares finos. La muestra representa una toba andesítica fuertemente indurada y modificada, pero notablemente uniforme, o una andesita altamente tobácea. Probablemente es la última.

Comentario sobre el análisis: La comparación del análisis químico de esta roca con el análisis promedio de doce andesitas indica que tanto la sílice como alúmina son apreciablemente altas en el Río Coca No. 6, y tanto la cal como la magnesia son considerablemente bajas. Existe menos de la mitad de cal en la muestra del Río Coca en comparación con la andesita promedio que se muestra, y aproximadamente, a lo mucho, tres cuartos del contenido en magnesia. Mientras la potasa y soda, baja y alta respectivamente en la muestra del Río Coca, difieren del valor de la andesita promedio, están, sin embargo, en el rango de variación de las andesitas. El contenido total de hierro es más alto en la andesita promedio, y el óxido de manganeso es más bajo; la mayor parte de hierro en la muestra del Río Coca está presente en el nivel de oxidación más alto, y el del óxido de manganeso es bastante alto. Considerando el estado de alteración de la roca, corresponde, en gran medida, a la composición de una andesita en general.

El siguiente horizonte superior en estas rocas ígneas está representado por las muestras Nos. 1, 1-a, 2, 3, 4 y 5, en un punto a 58 millas de la desembocadura, elevación 1936 pies. El afloramiento es masivo, posiblemente con una ligera estratificación, con fracturas, y contiene inclusiones. Todas están intensamente alteradas, una característica común de todas las muestras del Río Coca. Las Nos.1 y 1-a representan material unos pies más arriba, estratigráficamente, que las Nos. 2 y 3.

- **La *Muestra No.1*** es ligeramente porfirítica, con una fábrica traquitoide, los feldespatos consisten en listones de plagioclasa distribuidos entre los cristales de feldespato alcalino que son un poco más largos que los listones de plagioclasa, pero no de dimensión de fenocristal. Todos los feldespatos están alterados. Granos de anterior piroxeno escasamente distribuidos fueron convertidos en una mezcla de agregado modificado compuesto por serpentina y clorita. La roca es en esencia una traqui-andesita alterada, o latita.

- **El *Espécimen No. 1-a*** es más complicado. Tiene cristales de feldespato que parecen fenocristales, pero la roca es o fuertemente tobácea o fragmental. Los fenocristales de feldespato son principalmente del tipo alcalino, aunque la plagioclasa ácida está presente entre ellos. Todos estos están más o menos sericitizados, y ocasionalmente aparecen gránulos de epidota como parte de los productos de modificación. Muchos de ellos exhiben una apariencia rayada y con parches, que es común del feldespato que ha sido parcialmente albitizado. Se considera que estos feldespatos han sido modificados por sericitización, albitización, y en menor grado por epidotización.

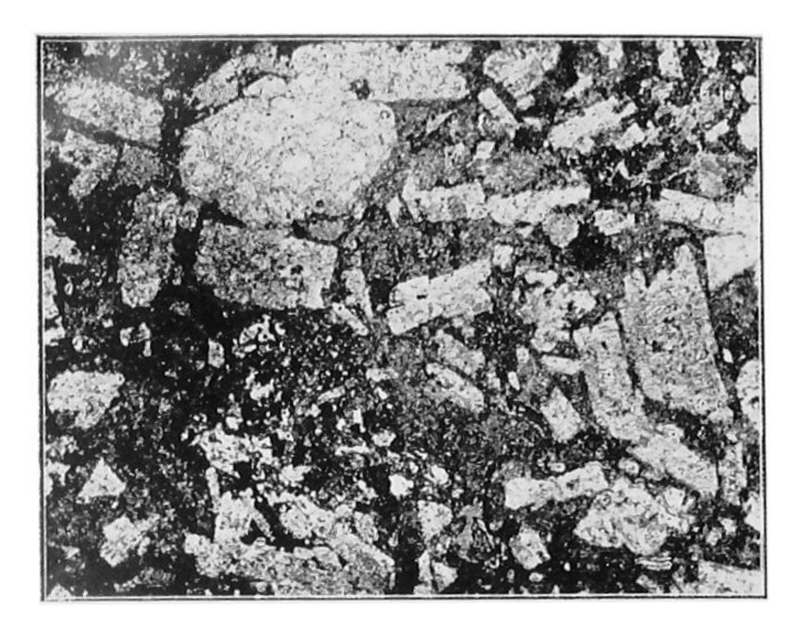


FIG. 10 – *Río Coca No. 1-a* – Latita tobácea y porfirítica. Microfotografía, en luz ordinaria, mostrando el hábito fragmental muy perturbado, estructura porfirítica y grupos de fenocristales de feldespato parcialmente albitizados. La roca es muy variable en la textura y el hábito de la matriz de sitio en sitio, además es fuertemente tobácea; pero, los fragmentos o xenolitos están muy modificados que se mezclan entre ellos, y están indistinguiblemente delineados. ×24.

La matriz de la roca es extremadamente variable, cambiando en textura, estructura y en composición de sitio en sitio. Algunas áreas exhiben estructuras hialopilíticas típicas, características de las andesitas; otros lugares son finamente felsíticos, casi vítreos, con diminutos feldespatos y fragmentos de cristales distribuidos en ellos; y en otras áreas, de tipo felsítico, o fino-granular, tienen fenocristales de feldespato, lo que sugiere fragmentos de un volcánico porfirítico de algún tipo. Sin embargo, con algunas excepciones, estas áreas no están claramente definidas; todas han sido perturbadas por la alteración y se mezclan imperceptiblemente entre ellas.

Epidota cristalina de grano grueso, mezclada con zoisita y cuarzo, forman agregados pseudomorfos después de piroxeno, tanto individuales como agrupados; los pseudomorfos agrupados tienen numerosas inclusiones de granos de magnetita euhedral.

En la roca existen áreas indistinguiblemente delineadas compuestas por epidota y zoisita, sugerencia de posibles fragmentos líticos básicos que han sido completamente destruidos por la alteración; también agregados pseudomorfos de serpentina no pleocroicos, de color verde claro, después de formas que sugieren hornblenda.

Se considera a la roca como muy alterada, fuertemente indurada, fragmental perturbada y volcánica muy tobácea, con la composición de una traqui-andesita o una latita; esencialmente es una latita porfirítica y tobácea extensamente alterada. La figura 10 ilustra esta roca.

- **El *Espécimen No. 2***, ubicado estratigráficamente más abajo que la No. 1, es de origen piroclástico. Se compone de fragmentos de obsidiana con estructuras de flujo, partes de vidrio perlítico, y fragmentos de vitrófiro y queratófiro, todos bastante alterados. Muchos cristales rotos de feldespato alcalino y plagioclasa están contenidos en esta roca, algunos parcialmente, otros casi por completo, alterados en agregados mixtos compuestos por sericita, parches de albita y epidota granular. Una considerable cantidad de epidota y un poco de calcita se encuentran en toda la roca, y se ha desarrollado mucho cuarzo en mosaico a través de la silicificación de algunos de los fragmentos líticos cuyas estructuras anteriores perlíticas, pumíticas y de flujo se preservan como un “fantasma” o como estructuras heredadas. Diminutas fracturas en la roca están rellenas de cuarzo, calcita y epidota.

Es una toba volcánica ácida, indurada, intensamente modificada, con composición de una traquita o latita.

- **El *Espécimen No. 3,*** tomado de las cercanías de la No. 2, es una felsita esferulítica, de grano fino, completamente desvitrificada; probablemente en un inicio una lava vítrea esferulítica desvitrificada, fracturada y rellenada con cuarzo, el cual no solo ocupa las fracturas, también invade a los componentes que conforman la roca. La estructura esferulítica primaria existe ahora como un relicto o estructura “fantasma”, puesto que la roca ha sido extensamente modificada.

- **Los *Especímenes Nos. 4 y 5***, tomados de la misma vecindad que las Nos. 1. 1-a, 2, y 3, son diferentes en su estructura inicial, aunque han sido sometidos, en la misma manera que los otros, a un intenso ataque hidrotermal. La *Muestra No. 4* es de origen piroclástico, con muchos fragmentos de varios tipos de rocas ígneas, en un rango de lavas ácidas perlíticas a pedazos de roca andesítica, y fragmentos de feldespatos rotos. Todos los fragmentos están muy alterados; la clorita, serpentina, epidota, cuarzo, magnetita y leucoxeno son los componentes secundarios dominantes, también la roca ha sido silicificada hasta cierto grado, debido a la introducción de cuarzo.

El carácter clástico original de la roca ha sido considerablemente perturbado por estos cambios; el mismo conjunto de productos (de alteración) se ha desarrollado en la matriz (en un inicio fino-granular), en la cual los fragmentos líticos están distribuidos, y también ha ocurrido una bastante extensa desvitrificación. Es en esencia una toba volcánica modificada de composición traqui-andesítica.

- **La *Muestra No. 5*** de la misma vecindad que la No.4, es muy diferente de la No.4, y de las anteriores muestras de la Serie Río Coca. Es muy porfirítica, los fenocristales más grandes son de augita, muy fracturada entre los cristales, que contienen áreas algo granulares. Los cristales de augita tienen un hábito de "agrupación cercana", de modo que resulta en un agregado o compuesto de fenocristales que constituyen un tejido muy contiguo, pero con unidades de diferente orientación.

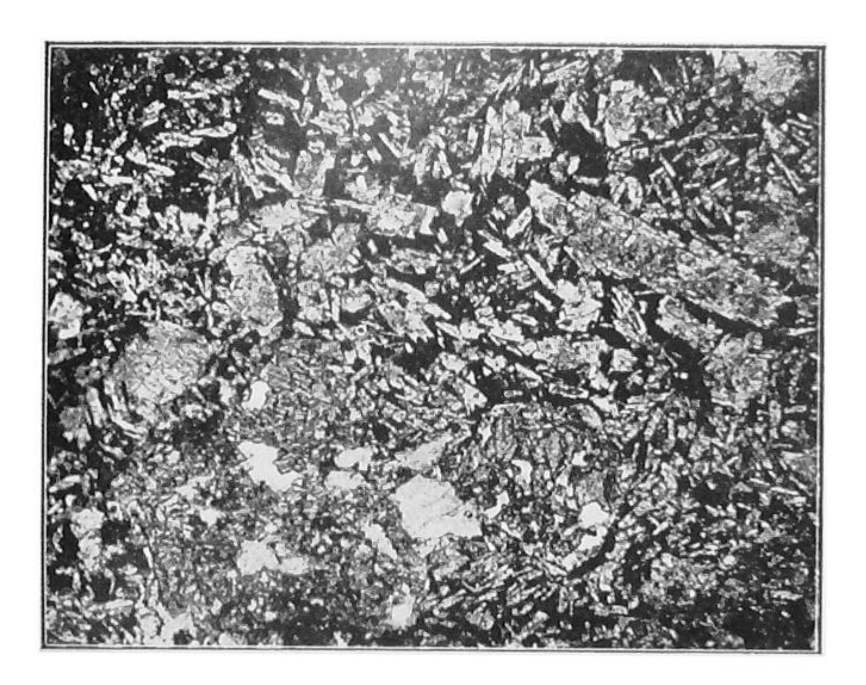


FIG. 11 – *Río Coca No. 5* – Basalto modificado. Microfotografía, en luz ordinaria, mostrando fuerte modificación de feldespatos, y agregados pseudomorfos de epidota, cuarzo, calcita y penninita después de augita (en la parte inferior de la figura). La matriz negra en la que los cristales se distribuyen es un vidrio básico, ahora parcialmente alterado a un producto blanco opaco, considerado como anauxita. ×24.

La birrefringencia de la augita no excede el 0.030, el pleocroísmo es imperceptible y $Z \wedge c$ es aproximadamente 45°. Algunos cristales de augita están completamente alterados, otros ligeramente alterados; los productos de alteración son epidota, cuarzo, penninita y calcita. La penninita, ocasionalmente mezclada con un poco de calcita y cuarzo, está como un pseudomorfo después de olivino; los cristales (pseudomorfos) son más pequeños que la augita y frecuentemente muy idiomórficos.

La plagioclasa, tanto los fenocristales como los pequeños listones distribuidos en la matriz, es labradorita. Sin embargo, ha sido más o menos modificada, de manera que consiste en parte de un agregado de alteración compuesto por una fina mezcla de sericita, epidota, carbonato y zoisita.

Vidrio básico intersticial forma parte de la matriz de la roca, pero aparece como blanco opaco en la sección delgada, constituyendo uno de los minerales de caolín, probablemente anauxita. El carácter general de la roca se muestra en la Figura 11; la matriz negra intersticial es blanca opaca en luz reflejada. La roca es un basalto modificado.

- **El *Espécimen No. 17*** es una roca ígnea que subyace inmediatamente a los sedimentos, fue recolectada en un punto a 56.5 millas de la desembocadura del Río Coca, a una elevación de 1864 pies. El afloramiento es masivo y veteado. Esta roca negra de textura fina es ligeramente porfirítica, con una hermosa estructura de flujo marcada por los microlitos de labradorita, que no están muy modificados, ubicados en una mesostasis de vidrio. Los fenocristales consisten en piroxeno incoloro, que se asemeja en características ópticas y estructurales al descrito en la Muestra No. 5; y pseudomorfos mixtos de limonita, carbonato y calcedonia después de olivino.

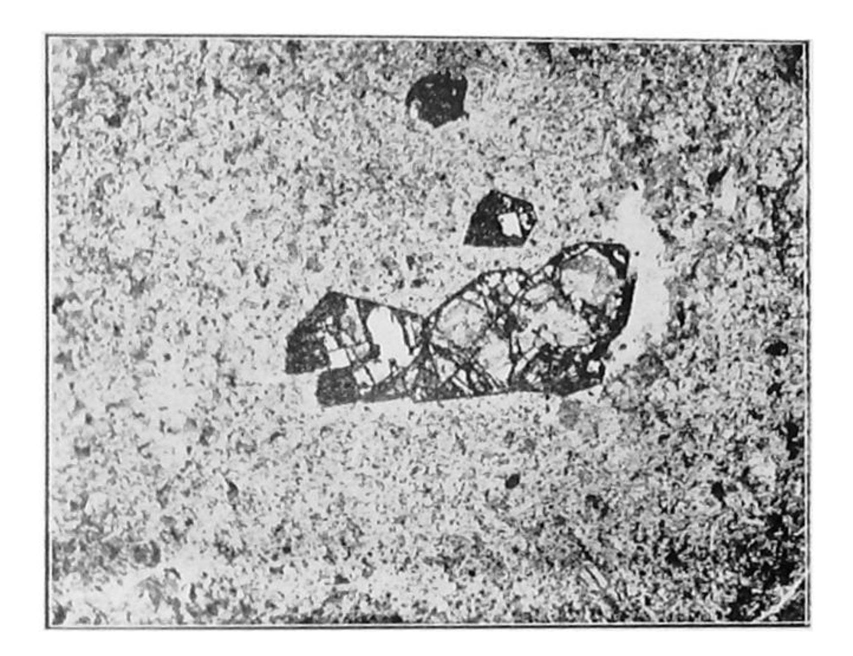


FIG. 12 – *Río Coca No. 17* – Andesita basáltica. Microfotografía, en luz ordinaria, mostrando pequeños microlitos de labradorita con estructura de flujo, y uno de los completamente alterados fenocristales de olivino. Estos consisten en agregados mixtos de limonita, carbonato y calcedonia, pseudomorfos después de olivino. ×24.

Al igual que en el Espécimen No. 5, varias unidades de piroxeno forman grupos de tejidos contiguos, cada individuo del grupo tiene una diferente orientación, formando fenocristales compuestos. En varios casos, muchas, a veces una, de estas unidades han sido parcialmente alteradas a un claro carbonato granular, probablemente calcita, diferente en apariencia y comportamiento del carbonato contenido dentro de los cristales destruidos de olivino y, está distribuido en parches en toda la matriz de la roca en la forma de agregados granulares muy finos con aspecto túrbido, muy diferente a los grandes, claros granos de calcita en el piroxeno. Un número pequeño de fracturas, posteriormente rellenas con cuarzo en mosaico y calcita, transectan la roca, cortando indiferentemente a través de la matriz, de parches carbonatados en la matriz y de fenocristales. El espécimen está en el límite entre andesitas y basaltos; es fuertemente feldespático y posee la característica fábrica hialopilítica de la andesita; los componentes ferromagnesianos son piroxeno y olivino, y el feldespato es labradorita. Esencialmente es una andesita basáltica. La figura 12 ilustra esta roca.

Serie Río Misahuallí

Alrededor de sesenta y dos millas en línea recta aérea hacia el suroeste de los volcánicos del Río Coca, y además subyaciendo casi horizontal a los sedimentos, algunos de estos de edad Albiense probada, existe otra serie de volcánicos alterados de desconocido espesor; su base no está expuesta. Estos afloran en la parte baja de otro profundo cañón, el del Río Misahuallí, a una elevación de 1500 pies.

Cerca de 100 pies de estas rocas están expuestas en la superficie del río. En esta localidad, calizas marinas de edad Albiense están separadas de los subyacentes volcánicos por alrededor de 400 pies de arenisca, la cual está ausente en el Río Coca en el mismo horizonte. No sabemos si sedimentos pre-albienses están presentes o no. Al igual que en la Serie Río Coca, los volcánicos subyacentes representan flujos y tobas, ahora muy alterados, todos ellos, seguramente, más antiguos que el Albiense.

- **La *Muestra No. 73.*** La roca, que subyace inmediatamente los sedimentos y corresponde al horizonte de la andesita basáltica (Espécimen No. 17) del Río Coca, está expuesta en acantilados compuestos por una roca masiva de color rosado grisáceo a amarillo, rayada. La muestra, recolectada en octubre 11, 1921, fue obtenida de un lugar ubicado a casi tres millas hacia abajo de la desembocadura del Río Hollín.

El espécimen es algo fragmental perturbado y está considerablemente alterado. Los fragmentos más conspicuos son aquellos en los que la alteración ha producido hematita y limonita; estos destacan pronunciadamente de los otros fragmentos más perturbados en los que la alteración ha tomado otras formas.



FIG. 13 – *Río Misahuallí No. 73* – Toba delenítica. Microfotografía, en luz ordinaria, mostrando uno de los más prominentes fragmentos andesíticos, y otros fragmentos mucho más perturbados, debido a la extensa alteración. El pequeño parche blanco en la derecha es un fragmento grande de cuarzo. ×24.

Los fragmentos consisten en andesita, cuya matriz intersticial está completamente alterada y fuertemente cargada de hematita, y cuyos microlitos de feldespato también están modificados; piezas alteradas de vitrófiro, algunos cargados con hematita, otros manchados por productos limoníticos; piezas de vitrófiro basáltico muy alterado; piezas de queratófiro no tan modificados; piezas de dacita con fenocristales de plagioclasa y pequeños fenocristales corroídos de cuarzo; cristales rotos de ortoclasa, ligeramente sericitizada; grandes cristales de plagioclasa de composición oligoclasa-andesina, usualmente más o menos fracturados, un poco sericitizados, manchados con limonita y cargados de hematita; cristales de biotita completamente alterados y hornblenda fracturada, casi completamente convertidos en una mezcla de hematita-limonita; y mucho cuarzo secundario en pequeños granos y en parches de agregados tipo mosaico. Cristales modificados de titanita y pseudomorfos de limonita después de pirita están escasamente distribuidos en toda la matriz. La roca, como un todo, está manchada con limonita y contiene rayas y parches de hematita, materia caolinítica y leucoxeno.

Es difícil clasificar un fragmental mixto con estas características; se considera la composición promedio de la roca como intermedia entre las riolitas y las dacitas, y por cuestiones prácticas debe ser aceptada como una toba delenítica muy modificada.

La Figura 13 muestra uno de los fragmentos más conspicuos, que destaca prominentemente de los fragmentos más perturbados que lo rodean.

- **Los *Especímenes A y 69,*** fueron recolectados inmediatamente bajo la toba delenítica (Muestra 73) recién descrita, dos millas hacia arriba del río Misahuallí, y alrededor de una milla debajo de la desembocadura del río Hollín.

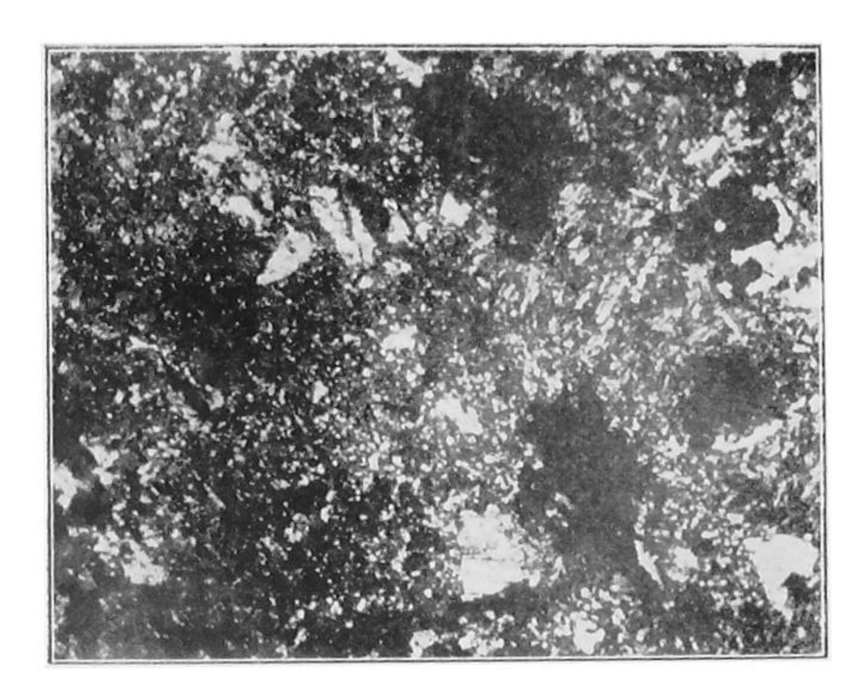


FIG. 14 – *Río Misahuallí No. A* – Felsófiro traquítico tobáceo alterado e indurado. Microfotografía, en nícoles cruzados, mostrando la condición de fuerte silicificación de la roca. La mayor parte de los pequeños puntos blancos son cuarzo de origen secundario. Los grandes parches blancos son feldespatos, los parches negros irregulares son agujeros en la sección. ×60.

- **La *Muestra A*** tiene una matriz felsítica de grano fino en la que los microfenocristales de feldespato están distribuidos. La ortoclasa, micropertita y plagioclasa que tiene la composición de oligoclasa-albita, a la medida que pudo determinarse, están todas representadas por pequeños cristales de feldespato. Todos han sido más o menos modificados. Los ferromagnesianos están casi ausentes en la roca; los pocos cristales consisten en biotita decolorada con pequeños gránulos de zoisita y parches de leucoxeno.

Xenolitos muy pequeños están escasamente distribuidos en toda la matriz, la cual es variable en su hábito de sitio en sitio; pero esta característica está perturbada debido a la alteración y al desarrollo de un cuarzo secundario fino.

La roca es, indudablemente, tobácea, o en realidad fragmental; tiene la composición general de una traquita, pero carece de la estructura característica de las verdaderas traquitas. Es en esencia una ceniza traquítica fuertemente indurada y modificada, o un felsófiro traquítico tobáceo alterado con una textura extremadamente fina.

La textura fina de la roca, su condición de alteración, y la abundancia de cuarzo secundario fino, se muestra en la Figura 14.

- **La *Muestra 69*** es también felsítica fina, con pocos microfenocristales de feldespato completamente caolinizados y ocasionalmente cristales de biotita decolorados y completamente modificados, distribuidos en toda la matriz, la cual se compone en mayor parte de un agregado entrelazado de feldespato alcalino microgranular, micrográfico en algunos sitios, ligeramente sericitizado, que contiene diminutos, escasos parches de carbonato y un poco de cuarzo secundario.

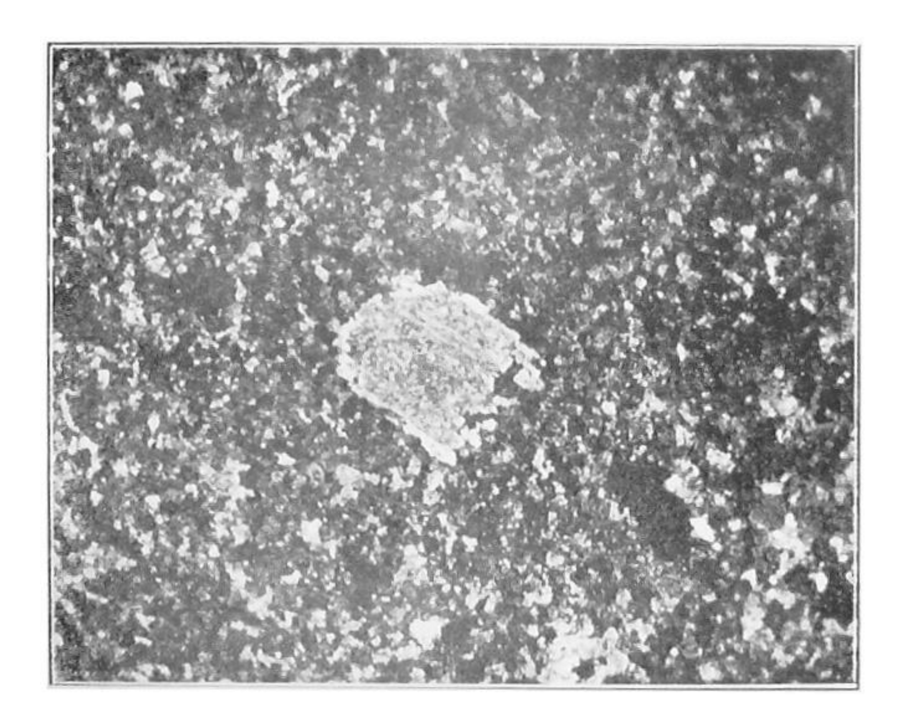


FIG. 15 – *Río Misahuallí No. 69* – Felsófiro traquítico alterado. Microfotografía, en nícoles cruzados, mostrando fenocristales de feldespato alterado y matriz microgranular de feldespato. ×60.

La roca está veteada con calcita, a la cual se le asocia un poco de pirita, y lo que parece haber sido siderita que ha sido completamente alterada a una mezcla de hematita roja-negra y carbonato.

Esta muestra es en esencia igual a la Muestra A en su composición general, pero la matriz es mucho más uniforme tanto en la estructura como en la textura, y no hay indicios de un hábito fragmental. Esencialmente es un felsófiro traquítico.

Algunas de las características mencionadas se ilustran en la Figura 15, la cual indica el carácter microgranular de la matriz y un pequeño cristal de feldespato caolinizado y ligeramente sericitizado.

- ***Los Especímenes 71, 71-a, 71-b y 72*** representan a las Formaciones más inferiores estratigráficamente que se encuentran en el río Misahuallí. Las muestras fueron tomadas de un afloramiento a lo largo del río, alrededor de 2 millas abajo de la desembocadura del río Hollín. Aquí las rocas buzan 10° al Oeste, río arriba. En el campo, la exposición a la meteorización lo asemeja mucho a un conglomerado, que contiene "pebbles" redondeados de hasta 2 a tres pulgadas de diámetro. Estos "pebbles", sin embargo, son rellenos amigdaloides en un basalto, inicialmente, en extremo poroso.

- **Las *Muestras 71, 71-a, 71-b*** son especímenes diferentes tomados de la misma Formación. La roca está compuesta por pequeños listones de plagioclasa y algunos cristales grandes del mismo tipo, todos considerablemente modificados. La alteración es saussurítica, consiste en parches de sericita, clorita y zoisita microgranular extremadamente fina distribuida en un nuevo y más ácido feldespato, en comparación al que originalmente conformaba los listones.



FIG. 16 – *Río Misahuallí No. 71* – Amigdaloide basáltico alterado. Microfotografía, en nícoles cruzados, mostrando amígdalas ovoides o lenticulares de agregados de cuarzo, pseudomorfos de cuarzo después de piroxeno, feldespato completamente alterado y una matriz vítrea negra alterada. ×21.

Cristales mucho más grandes, de dimensiones fenocristalinas, han sido alterados en agregados tipo mosaico de cuarzo, mezclados con una mica ligeramente verde, todo esto forma un agregado pseudomórfico hermoso, a partir del cual se deduce que en un inicio fue piroxeno. Pequeños cristales de olivino, que ahora consisten en una compleja alteración de varias formas de serpentina, mezclada con carbonato, están escasamente diseminados por toda la matriz, la cual se compone de vidrio básico color café, en la que se distribuyen todos los cristales alterados anteriormente mencionados. Algunas de las vesículas están rellenas de cuarzo en la forma de agregados tipo mosaico y de calcedonia con textura de pluma, mezcladas, en algunos casos, con carbonato y zeolitas; otras están rellenas de carbonato. El cuarzo y la calcedonia forman la mayor parte de los rellenos, de modo que, las amígdalas redondas y ovoides (son mucho más resistentes a la meteorización que la roca por sí misma), han sido meteorizadas en el relieve, dándole a la roca, en el campo, un aspecto de conglomerado.

Pequeños cubos de pirita, algunos aún inalterados, otros parcialmente y otros completamente convertidos en limonita, están asociados con el pseudomorfo agregado tipo mosaico de cuarzo después de piroxeno previamente mencionado, y con vetillas de una mezcla de cuarzo-calcedonia que atraviesan la roca, las cuales también contienen un mineral metálico negro de algún tipo no determinable en sección delgada. Cavidades en extremo irregulares, evidentemente producto del lixiviado, están rellenas del agregado de cuarzo-calcedonia, similar al que rellena las vesículas primarias. La matriz vítrea, básica, de color café, está alterada en un producto translúcido, blanco en luz reflejada, y, presumiblemente, de naturaleza caolinítica; aunque la matriz "vítrea" es aún café en luz transmitida.

La roca es un amigdaloide basáltico alterado, vitreo, con un origen vesicular muy particular, sus amígdalas son de tamaño considerable.

- **La *Muestra 72 (a-b y c)*** fue obtenida en la misma localidad de la Muestra 71, y representa la misma Formación. Es similar a la No. 71 en composición, estructura y efectos de alteración, pero el carbonato, como producto secundario, es mucho más prominente que en la No. 71. Cavidades irregulares (ahora rellenas), generadas por lixiviación, son más numerosas en esta muestra, pero, de todas formas, no es tan diferente.

La plagioclasa está muy alterada y el piroxeno y olivino original están completamente destruidos; ahora están representados por un complejo agregado pseudomórfico que consiste en cuarzo, carbonato, serpentina y productos limoníticos, la matriz vítrea inicial está más o menos caolinizada y manchada con limonita. Las Figuras 16 y 17 ilustran diferentes especímenes de esta roca.

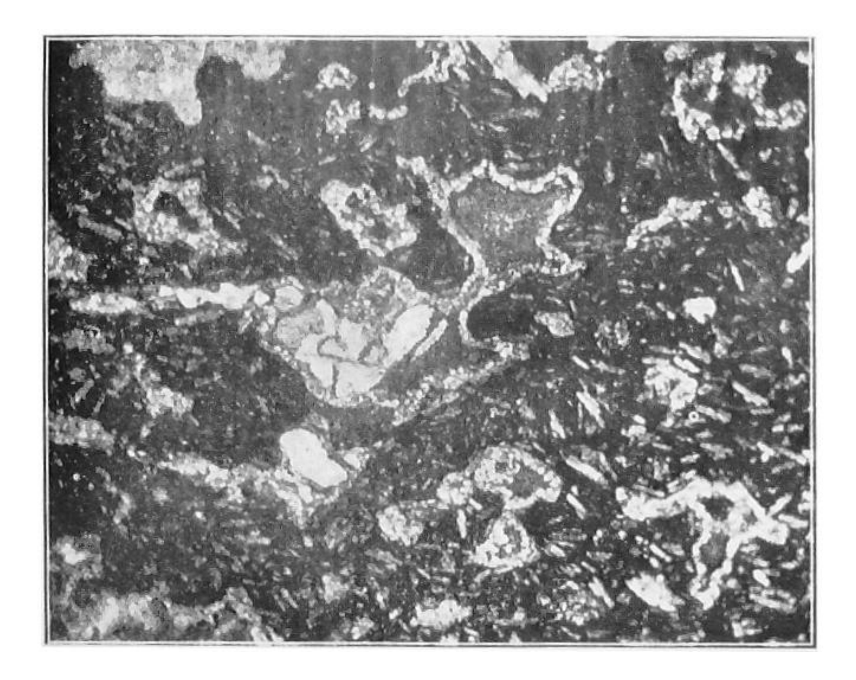


FIG. 17 – *Río Misahuallí No. 72-b* – Basalto amigdaloide alterado. Microfotografía, en nícoles cruzados, mostrando cavidades formadas por lixiviación, rellenas en parte con calcita y en parte con material fino serpentinoso; listones de feldespato completamente alterados distribuidos en una matriz, oscura, vítrea y alterada. ×21.

Serie Río Jandache

El tercer lugar donde la base de los sedimentos y las subyacentes rocas ígneas fueron encontradas se ubica a casi 20 millas al norte de la ocurrencia del río Misahuallí y a casi 50 millas en línea aérea al suroeste de la localidad del río Coca.

Aquí los sedimentos terminan contra las montañas Guacamayos a una elevación de 4000 pies sobre el nivel del mar. Forman acantilados en el valle del río Jandache, donde la ruta de Quito al río Napo corta el valle.

La presencia de estos sedimentos y las rocas ígneas subyacentes, similares en características a las rocas volcánicas y sedimentos sobreyacentes asociados encontrados en el río Coca y en el río Misahuallí, proporciona evidencia adicional a la existencia de una ampliamente distribuida serie sedimentaria que yace en inconformidad sobre una serie de rocas ígneas de tipo volcánico superficial, alteradas y mucho más antiguas.

- **El *Espécimen B***, recolectado de los acantilados, debajo de los sedimentos del río Jandache, es una lava porfirítica, esferulítica y desvitrificada, con una composición intermedia entre riolita y dacita.



FIG. 18. – *Río Jandache No. B* – Vitrófiro delenítico alterado y desvitrificado. Microfotografía, en luz ordinaria, mostrando una matriz originalmente vítrea, fina, microlítica, con estructura de flujo y trazas de esferulitas, y un fenocristal de ortoclasa alterada. ×25.

Inicialmente la roca fue un vidrio porfirítico con esferulitas, pequeños fenocristales de oligoclasa y ortoclasa, pequeños cristales de biotita ahora completamente decolorados y manchados con magnetita, limonita, leucoxeno y hematita, y multitudes de cristalitos distribuidos por toda la matriz originalmente vítrea en líneas de flujo en remolino. La matriz originalmente vítrea consiste en un agregado estrechamente entrelazado, inusualmente grueso, desvitrificado, compuesto por cuarzo y feldespato, que tiene trazas de esferulitas reemplazadas y donde las líneas y secuencias de cristalitos pasan ininterrumpidamente.

Los fenocristales de feldespato están ligeramente caolinizados y salpicados con pequeñas escamas de sericita. Algunos pequeños cristales de hornblenda en la matriz han sido completamente destruidos por el ataque de la alteración, de modo que sólo se preservan sus bordes. Ahora estos consisten en un agregado de cuarzo mezclado con pequeña mica escamosa y limonita. La roca es un vitrófiro delenítico desvitrificado de grano grueso. Algunas de las características mencionadas se muestran en las Figuras 18 y 19.

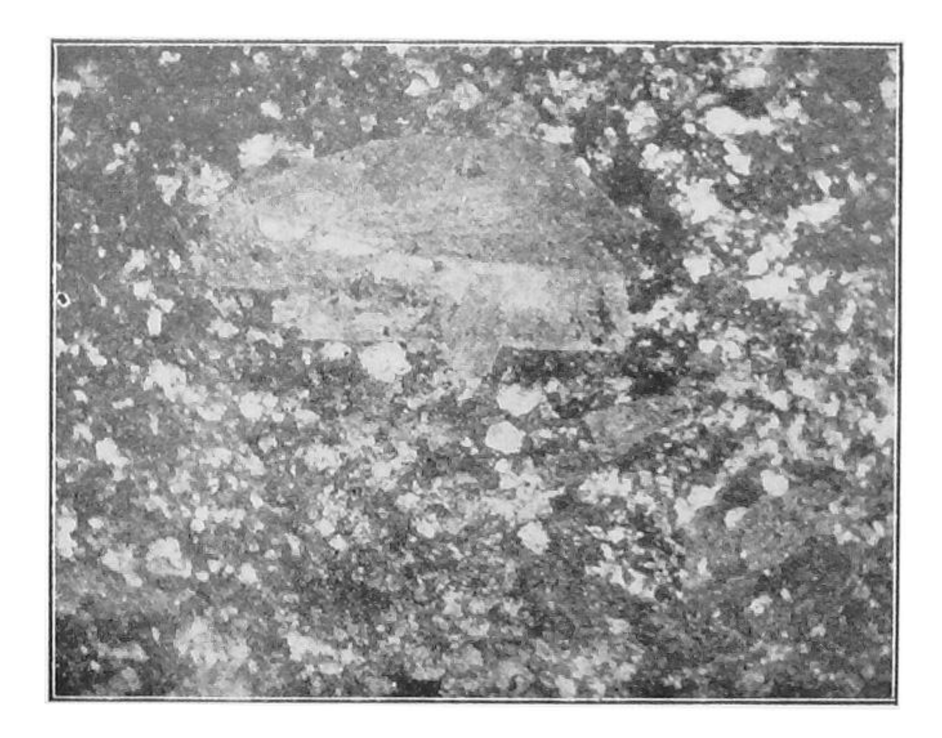


FIG. 19 – *Río Jandache No B* – Microfotografía, mismo campo visto en la Fig 18, nícoles cruzados mostrando la desvitrificación completa de la antigua matriz vítrea, y fenocristales alterados de ortoclasa. ×21.

b. Rocas ígneas de probable edad pre-Albiense

Serie Río Pastaza

En la garganta del río Pastaza, entre la desembocadura del Río Topo, que se encuentra a una altura de 4000 pies, y el pueblo de Mera, 3800 pies sobre el nivel del mar, 47 millas y 56 millas, respectivamente, por el camino desde la ciudad de Ambato, hay un estrecho cinturón de rocas ígneas de nueve millas de ancho, que se extiende entre las exposiciones de los sedimentos, en un extremo en la desembocadura del río Topo y en el otro justo al este del pueblo de Mera.

Los sedimentos del río Topo son calizas, lutitas y areniscas, que contienen fósiles. Se hizo una buena colección de ellos, pero desgraciadamente se perdió en el camino. Creemos que estas rocas son del Cretácico. Buzan hacia el oeste con un ángulo de 55°, con un rumbo casi norte-sur. Los sedimentos al este del pueblo de Mera son cretácicos.

En la orilla este del río Topo hay bloques de granito rojizo, y hay exposiciones de este granito en el arroyo Zuñac, que se encuentra a una milla al este. El granito puede rastrearse hasta una cabaña llamada "Tamba de Cashaurcu", a 7.75 millas por sendero desde el río Topo, y situada a una altura de 4674 pies sobre el nivel del mar. En medio del granito, que aparentemente forma la superficie casi hasta el pueblo de Mera, y entre una alta cresta hacia el este conocida como Abitagua y un punto a una hora y media de camino desde la cabaña llamada Cashaurcu, hay un afloramiento de roca ígnea de tipo volcánico superficial, que se asemeja a las rocas pre-albianas descritas previamente de los ríos Coca, Misahuallí y Jandache.

Dado que esta exposición no está directamente asociada a ninguno de los sedimentos, se desconoce la edad de estos volcánicos.

- **Los *Especímenes 7a y 7c*** se obtuvieron en la exposición mencionada, en el lado norte del valle del Pastaza, a unas tres millas al oeste de Mera.

- **La *Muestra 7a*** es felsítica gruesa en textura. Está compuesta, dominantemente, por feldespato alcalino y cuarzo, en un hermoso intercrecimiento micrográfico ocasionalmente de granos individuales, alotriomórficos, ligeramente más grandes de cuarzo y de pequeños parches de agregados tipo mosaico de cuarzo, todo esto formando más del 95 por ciento de la roca. Pequeños fragmentos de biotita cloritizada y pocos cristales cloritizados del mismo mineral, pero de dimensiones fenocristalinas, están esparcidos en toda la matriz, en conjunto con un pequeño agregado en parches de zoisita-epidota. Lo más notable acerca de esta roca es su estructura micrográfica. Diminutos, euhédricos cristales de plagioclasa, de composición oligoclasa, están en un estilo poiquilítico en zonas micrográficas individuales, en diferentes secciones que extinguen distinto, de modo que, las unidades micrográficas simulan unas toscas y extremadamente gruesas esferulitas.

La roca es una riolita en cuanto a su composición, aunque carece de la estructura de flujo.

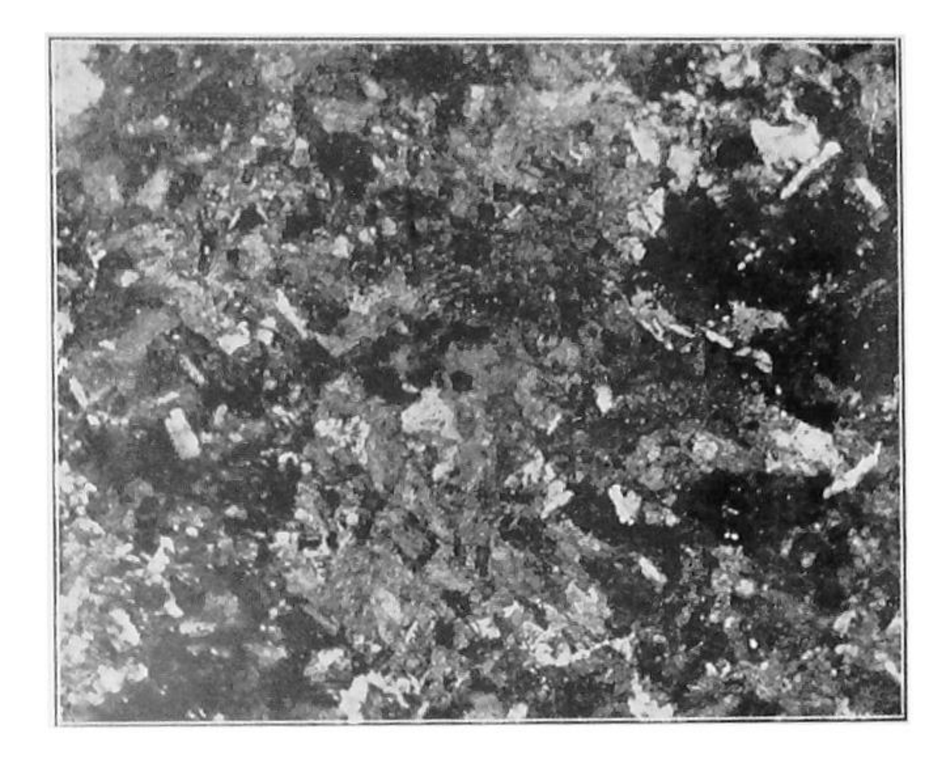


FIG. 20 – Valle de Pastaza No 7a – Riolita. Microfotografía, en nícoles cruzados, mostrando la fina matriz micrográfica de cuarzo-feldespato que contiene pequeños, euhedrales listones de oligoclasa en las áreas micrográficas, y granos anhedrales de cuarzo. ×60.

- **La *Muestra 7c*** tiene una textura más fina que la No. 7a, y carece de la notable estructura micrográfica que tiene el otro espécimen. La matriz consiste en un agregado fino, contiguo, entrelazado de feldespato alcalino, que tiene numerosas escamas de sericita. Tanto la ortoclasa como la plagioclasa ácida están como fenocristales, así también los cristales corroídos de cuarzo. Pocos cristales decolorados de biotita, manchados con pequeños parches de leucoxeno, representan al otro componente en la roca. Al igual que la No. 7a, este espécimen es una simple riolita, que carece de estructura de flujo. Las figuras 20 y 21 ilustran estas dos rocas.

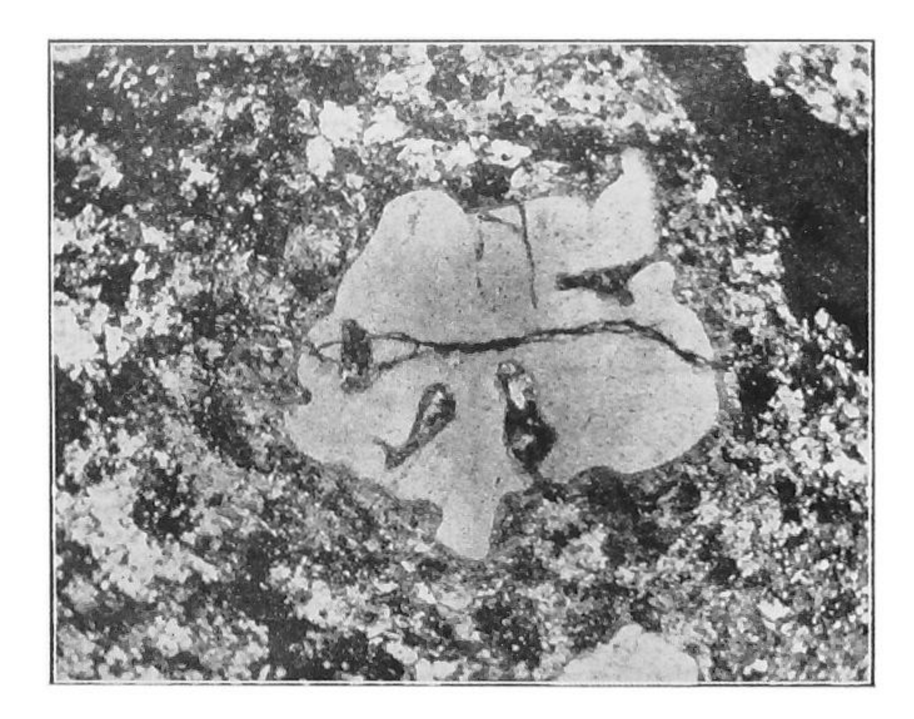


FIG. 21 – *Valle de Pastaza No. 7c* – Riolita. Microfotografía, en nícoles cruzados, mostrando fenocristales de cuarzo parcialmente resorbidos, y una matriz de finos agregados, entrelazados, microcristalinos de feldespato, más o menos sericitizados. ×60.

Serie "Cordillera" Guacamayos

- ***Especímenes A, B y C***. Alrededor de doce millas, en línea aérea, al sur del pueblo de Baeza en un camino hacia el Río Napo, existe una prominente pero estrecha elevación cuya cresta se eleva hasta 7870 pies sobre el nivel del mar. Seis millas al sur de esta cima, en la base de la elevación, el camino cruza el Río Jandache, donde, como se mencionó anteriormente, los sedimentos pre-albienses terminan en la pendiente sur del valle y están subyacidos por volcánicos alterados.

Las rocas de la "Cordillera" Guacamayos, probablemente de la misma edad que los volcánicos pre-albienses, están muy meteorizadas, oxidadas, moteadas de color café y blanco, además contienen puntos blancos gredosos.

- Aunque **el *Espécimen A*** está demasiado alterado, existen trazas distintivas que permanecieron de la anterior textura y estructura. Es porfirítica gruesa, con grandes fenocristales de plagioclasa alterada y maclas Carlsbad de feldespatos alcalinos distribuidos en una matriz cristalina moderadamente gruesa compuesta por pequeños listones de plagioclasa alterada y láminas de biotita decolorada. Grandes cristales de biotita, de dimensiones fenocristalinas, están, de la misma forma, distribuidos en toda la roca. La mayoría de feldespatos están completamente alterados; todo ha sido sericitizado y mucho ha sido albitizado. La roca ha sido inundada de cuarzo y albita, al punto que, la matriz original de listones de feldespatos (ahora completamente modificados en su composición), están distribuidos en un mosaico, de textura más gruesa, de albita y cuarzo, la cual está rellena con "polvo", que delinea las formas del feldespato anterior, así también de burbujas e inclusiones líquidas.

En algunas partes puede ser observado maclado tipo albita en fenocristales de feldespato, pero los fenocristales de feldespatos claros están atestados de burbujas e inclusiones líquidas; estos feldespatos se consideran como un reemplazamiento tardío de albita. Toda la biotita está decolorada, completamente o en gran parte, con el desarrollo de mica incolora, brillantemente polarizante; una mica pleocroica ligeramente verde que también es brillantemente polarizante, un poco de titanita granular, y un poco de leucoxeno. Delgadas escamas de clorita también son producto del mismo proceso.

No hay evidencia de trituración o cizallamiento, pero la roca está totalmente modificada por procesos que estuvieron bajo control ígneo, lo que permitió considerar como indicador a la extensión de este tipo de modificación, esta roca pertenece al grupo más antiguo; es decir, probablemente es más antigua que las lavas andinas (pre-cuaternarias). La meteorización produjo sustancias limoníticas y caoliníticas, subsecuentes a la modificación de la roca por el reemplazamiento metasomático de cuarzo y albita. Un poco de cuarzo podría ser primario, especialmente en áreas dispersas donde tiene una distribución intersticial. Sin embargo, es casi imposible diferenciar entre el cuarzo original y aquel asociado con la albita como reemplazamiento. Hasta donde es permitido juzgar, la roca es un pórfido monzonítico, bastante modificado y extensamente meteorizado, o algún tipo muy relacionado.

- **La *Muestra B*.** Este espécimen tiene fenocristales de cuarzo con golfos de corrosión, en muchos casos rodeados por, y en todos los casos conectados e invadidos por feldespato esferulítico muy grueso, que está asociado no solo con los fenocristales de cuarzo, sino que también tiene una estrecha relación con los fenocristales de feldespato. Esferulitas mucho más pequeñas de la misma composición están distribuidas en toda la matriz de cuarzo-feldespato granular.

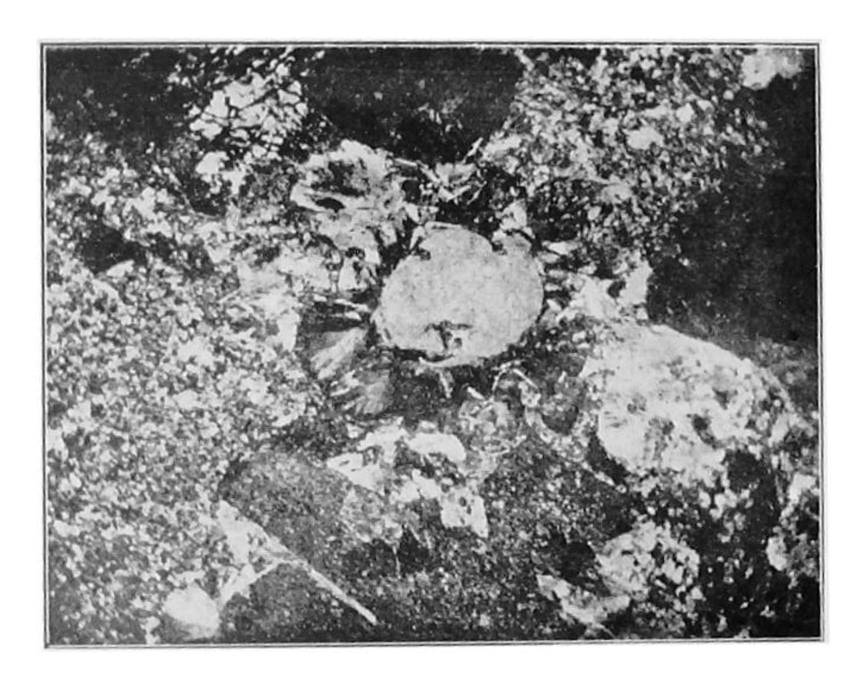


FIG. 22 – *Cordillera Guacamayos No B* – Granófiro esferulítico. Microfotografía, en nícoles cruzados, mostrando una matriz granular de cuarzo y feldespato, fenocristales de feldespato alterado y un área esferulítica con centro de cuarzo. Los cristales oscuros, arriba y en la derecha de la foto, son fenocristales de feldespato alterados, muy túrbidos y sericitizados. La roca es fuertemente porfirítica. ×20.

Los feldespatos, tanto como fenocristales como en la matriz, están casi completamente alterados, en parte a una sericita fina escamosa; en parte a un producto granular fino de color blanco opaco, que causa que el feldespato se vea muy oscuro y turbio en luz transmitida, probablemente es una forma de caolinita; y en parte por una sustancia isotrópica, transparente, de bajo índice de refracción que quizá sea halloysita (?). Los feldespatos aún tienen trazas del maclado albita y Carlsbad; se los considera que fueron en un inicio ortoclasa y plagioclasa sódica.

La biotita ha sido completamente destruida y convertida en un agregado granular de pseudomorfos de cuarzo, epidota, clorita, magnetita y leucoxeno. La meteorización superficial ha producido mucha limonita, la cual se formó a expensas de algo de biotita, además está distribuida en pequeñas fracturas de la roca. La halloysita (?) y el otro producto blanco opaco de alteración de los feldespatos también se los considera como productos de meteorización superficial. La roca es un granófiro esferulítico.

La Figura 22, una microfotografía tomada con nícoles cruzados, ilustra el carácter esferulítico grueso de la roca, su hábito porfirítico, y las moderadas condiciones granulares de partes de la matriz que no son esferulíticas.

- **La *Muestra C*** ha sido mucho más afectada por la meteorización que la muestra A o la B. Es una roca granitoide cuyo feldespato, ahora casi completamente destruido, era una plagioclasa básica o moderadamente básica. Los ferromagnesianos originales han sido completamente convertidos en una agregado escamoso-fibroso, ligeramente pleocroico, café-amarilloso, brillantemente polarizante, considerado como goetita, el cual está distribuido a lo largo de los clivajes del feldespato y en el cuerpo del mismo feldespato en grupos tipo abanico de fibras, así también intersticialmente. Mucha epidota y cuarzo secundario se ha desarrollado por la alteración de feldespato, de modo que la roca consiste en gran parte de agregados secundarios y productos de meteorización. De los remanentes del material original y la naturaleza del material de alteración, la roca es un gabro o algún tipo similar.

Todas estas muestras están probablemente relacionadas a una etapa ígnea más inicial, en comparación con aquella que dio origen a las lavas posteriores. Sin embargo, no existe evidencia de alguna deformación severa que haya afectado a la serie de esquistos del grupo Papallacta.

Volcánicos Río Papallacta (pre-Albiense?)

En el medio de los esquistos del Río Papallacta, 6.7 millas al este de Papallacta, a una elevación de 8571 pies, existe un afloramiento que aparentemente es de la misma Formación de aquellos que subyacen los sedimentos albienses.

- **El *Espécimen 2b***, representativo de este afloramiento, es una roca muy indurada, de textura muy fina y color rosáceo.

Aunque los minerales originales han sido completamente destruidos, tanto la textura como la estructura están hermosamente preservadas. Algunos de los feldespatos tipo listón y algo de la fina, intersticial, original matriz, han sido convertidos en un agregado muy fino, microcristalino cuyo índice de refracción es mayor al cuarzo asociado; se considera como caolinita microcristalina. Los componentes fémicos de la roca han sido alterados a limonita y carbonato túrbido, apareciendo en parches irregulares, pero también como pseudomorfos después de algunos pequeños prismoides del mismo tipo, probablemente hornblenda o augita. La completa destrucción de los componentes, pero al mismo tiempo la preservación de su forma y distribución original, es una característica prominente.

Existe mucho cuarzo de origen secundario como un componente notable de la roca, y éste ha reemplazado la matriz y el feldespato. A juzgar por las relaciones entre el cuarzo y la caolinita, el cuarzo se formó primero; la caolinita, en realidad, invade al cuarzo y en muchos casos ha reemplazado por completo al cuarzo secundario, de manera que los componentes de la matriz y los anteriores feldespatos están enteramente caolinizados; mientras que en otras partes el reemplazamiento de cuarzo por caolinita es parcial, los feldespatos anteriores se componen de ambos productos. En lugares donde el cuarzo es el principal medio de reemplazamiento, los feldespatos tipo listones son evidencia estructural de antiguas plagioclasas.

La roca fue, probablemente, en un inicio una andesita o algún tipo muy relacionado, la cual fue completamente silicificada y parcialmente caolinizada. Ciertamente, es posterior a los esquistos, pero, si está relacionada a algún tipo de lavas andinas tardías o no, es imposible decirlo.



FIG. 23 – *Volcánico del Río Papallacta No. 2b* – Microfotografía, en luz ordinaria, mostrando estructura relicta. Los feldespatos son sólo "fantasmas" de los originales listones de plagioclasa. Están completamente reemplazados por cuarzo y caolinita, de modo que toda marca de ellos desaparece en nícoles cruzados. La matriz intersticial ha sido alterada a cuarzo y caolinita microcristalino fino. Los parches negros son limonita. ×24.

La Figura 23, una microfotografía tomada en luz ordinaria, ilustra la forma de los feldespatos, ahora completamente alterados. Con nícoles cruzados, la estructura relicta (observada en luz ordinaria en la microfotografía), desaparece, un agregado microcristalino de cuarzo y caolinita toma su lugar. Debe observarse que la roca no exhibe señal alguna de deformación, y no existe evidencia de algún tipo de metamorfismo de profundidad que caracteriza a la serie de esquistos.

Muestras del Río Quijos (pre-Albiense?)

Cuestionablemente asignamos a esta categoría dos muestras del Río Quijos, Nos 11 y 12. Estas rocas son de origen dudoso y de relaciones inciertas. El Espécimen No.11 fue obtenido a lo largo del camino entre el puente de Quijos y el cable que cruza sobre el Río Quijos, una milla desde Baeza, a una elevación de 5870 pies. La muestra No. 12 vino de un afloramiento masivo en la orilla izquierda del río Quijos, cerca del cable para cruzar el río, un quinto de milla al norte de la No. 11, a una elevación de 5852 pies.

- **El *Espécimen* No.11** es una caliza brecha cuyo origen es desconocido. Se compone de un carbonato cristalino granular fino, con parches o fragmentos de carbonato cristalino muy grueso que presenta evidencia de severa trituración; granos destrozados y áreas de cuarzo, transectadas por vetillas de carbonato.

Las vetillas de carbonato cortan toda la masa de la roca, se intersecan, ramifican y forman un sistema de fracturas relleno de carbonato en una roca carbonatada que por sí misma es una brecha.

- **El *Espécimen* No. 12** es una roca serpentinizada de dudoso origen. Está compuesta por antigorita lamelar con agrupamiento heterogéneo en algunos lugares, así como en rosetas, cuchillas, hojas tipo abanico y agregados finos. Ocasionalmente, los parches se asemejan a bastita, que quizá representa un piroxeno ortorrómbico destruido en su totalidad. Adicionalmente, existe un poco de antofilita fibrosa (gedrita) y considerable cantidad de carbonato con colores de interferencia gris-acero, que podría contener hierro o talvez magnesia así también cal. Granos irregulares y grupos de granos de magnetita y pirrotina están escasamente distribuidos en toda la roca, la cual no contiene restos de las estructuras originales, a menos que las posibles áreas de bastita representen antiguos cristales de piroxeno.

Es posible que esta roca haya sido derivada de una roca ígnea básica de naturaleza peridotítica, pero no existe prueba definitiva de esto en las secciones delgadas.

c. Los Granitos

No tenemos información relacionada a la edad de los granitos del Este del Ecuador. Los encontramos en tres regiones: uno en el Río Pastaza; otro en la región al sur de la Cordillera Guacamayos, entre aquella cordillera y el Río Jandache; y el tercero en el Río Napo, unas millas debajo de Napo, donde el granito tiene una ocurrencia peculiar.

Río Pastaza

- ***Espécimen 7b***. Entre las rocas sedimentarias de edad cretácica en la desembocadura del Río Topo y la vecindad de Mera, a 4000-3800 pies sobre el nivel del mar, existe una masa de granito rojo que tiene muchas millas de extensión (la distancia por camino a través de esto está en alrededor de 10 millas). Anteriormente nos hemos referido a la presencia de riolita en medio de este granito (muestras Nos. 7a y 7c). La presencia de esta masa granítica entre dos áreas sedimentarias es peculiar; no sabemos qué relaciones existen entre el granito y los sedimentos.

La muestra del granito del Río Pastaza fue recogida entre la cabaña llamada Cashaurcu y la elevación llamada Abitagua, alrededor de tres millas al oeste de Mera en la ribera norte del Río Pastaza. La roca es notablemente gráfica, microscópicamente de textura gruesa, los granos tienen tamaños entre uno a dos milímetros. El cuarzo y el feldespato alcalino componen más del 98% de este espécimen. El feldespato consiste principalmente en ortoclasa, criptopertita, y muy poco de oligoclasa-albita. Todo es túrbido debido a la ligera caolinización, y el cuarzo está atestado con inclusiones líquidas y gaseosas. Pocos cristales pequeños de magnetita y diminutos circones representan los componentes accesorios, y, una ocasional fractura microscópica está rellena con epidota. En adición a la ligera caolinización, mucho de los feldespatos están escasamente salpicados con sericita fina escamosa y diminutos parches aleatorios de zoisita-epidota, pero en toda la roca, un típico granito gráfico, está relativamente fresco. La Figura 24 ilustra el carácter general de este espécimen.



FIG. 24 – *Granito del Río Pastaza* – Microfotografía, nícoles cruzados, mostrando estructura gráfica. Más del 98% de la roca está compuesta por cuarzo y feldespato en intercrecimiento gráfico. ×22.

Río Urcusikiyacu

- ***Espécimen a***. El camino desde la Cordillera Guacamayos en dirección sur hacia el Río Napo cruza un área de granito que se encuentra entre la base de la cordillera y el Río Jandache, donde la presencia de volcánicos alterados bajo los sedimentos albienses, que unen la pared sur del valle del Río Jandache, ha sido anteriormente mencionada. La muestra fue recogida del camino en la orilla derecha del Río Urcusikiyacu, 3.33 millas al norte del Río Jandache, a una elevación de 4630 pies sobre el nivel del mar. El espécimen del granito recolectado en esta localidad es de textura gruesa, muy inequigranular, de color claro, compuesto por cuarzo, albita, micropertita, microclina-micropertita, y un poco de biotita. Los feldespatos y la biotita tienen una incipiente alteración, y existe un tenue desarrollo de limonita en diminutas fracturas "capilares" en la roca. Existe evidencia de que los feldespatos pertíticos se originaron por reemplazamiento parcial de la anterior ortoclasa por una etapa final de albita; eso es demostrado por las extremadamente irregulares, desorientadas rayas de albita que cortan a través de los clivajes de la ortoclasa, y por la distribución intersticial y marginal de albita y cuarzo que ha producido algo de reemplazamiento marginal del primer feldespato. La roca es un simple granito biotítico

Río Napo

- ***Espécimen b.*** Una ocurrencia muy peculiar de granito se observó en el Río Napo, casi 5 millas al Sur del pueblo de Napo. En la orilla izquierda del río, en un lugar llamado "Remolino de Latas", fueron vistas calizas casi horizontales de edad Turoniana. En una colina de alrededor de 100 pies sobre la superficie del río, encontramos varios bloques, algunos de seis pies de diámetro, yaciendo sobre las calizas. Desconocemos la fuente y el origen de los bloques de granito. Tienen la apariencia de bloques transportados por glaciares o flujos de lava; podrían representar a un inlier de granito, pero esto es muy dudoso.

La muestra es un simple granito biotítico que difiere del granito de Urcusikiyacu, sólo en pequeños detalles estructurales internos, y en el grado de alteración de feldespatos. Los componentes son extremadamente irregulares en sus bordes, con un fuerte entrelazamiento de márgenes. El entrelazamiento de cuarzo y feldespato desarrolla una estructura micrográfica en algunos lugares, además existe una tendencia hacia la producción de estructuras protoclásticas en los márgenes de algunos granos. En mayor parte, los feldespatos son micropertita y ortoclasa, con un menor contenido de oligoclasa. La ortoclasa y micropertita son muy túrbidas, debido a la formación de caolín blanco-opaco, mezclado con un poco de sericita y diminutos granos de zoisita-epidota. Algo de la biotita presente ha sido alterada, en parte, a clorita. Ocasionalmente, granos aleatorios de magnetita y pocos diminutos granos de circón son los únicos accesorios.

d. Lavas cuaternarias

Todas las rocas metamórficas e ígneas descritas en las anteriores páginas hacen referencia a rocas consideradas de edad pre-Andina. Probablemente, fueron metamorfizadas y extensamente alteradas antes del levantamiento de los Andes, que ahora creemos ocurrió en el Terciario muy tardío.

Las lavas que fueron extruidas y la ceniza que fue expulsada hacia la superficie durante la formación de los Andes, y hasta el presente día, se caracterizan por la carencia de alteración. El componente mineral está siempre, perfectamente fresco. Donde se puede examinar los flujos de lava que aún no han sido erosionados, es posible reconocer esas lavas sin algún estudio petrográfico.

Anteriormente nos referimos a las lavas del volcán Sumaco, las cuales, durante la apertura del orificio en los sedimentos cretácicos y durante la actividad del volcán, fueron vertidas en los alrededores de las rocas cretácicas. Las lavas del Sumaco han sido descritas (*1*), pero hasta ahora, desafortunadamente, nadie ha sido capaz de recolectar muestras de las lavas del volcán “El Reventador”, el cual reinició su actividad en 1926 en el Río Coca.

Aparte de estos dos centros de actividad volcánica, en lo que ha sido considerado como una región separada de los Andes, es posible que otras lavas cuaternarias y recientes hayan sido derramadas en la superficie en otras localidades aún no descubiertas. En 1921 notamos bloques de lava fresca en muchos lugares sobre los sedimentos; en el Río Misahuallí, de nuevo en la división entre el Río Anzu y Río Puyo a casi 400 pies de elevación; y en el Río Ila unas pocas millas al norte del pueblo de Napo.

Las muestras aquí descritas representarían a las partes bajas de los recientes flujos de lava del volcán Antisana.

- **La *Muestra No. 10*** fue recolectada en el camino de Papallacta a Baeza, en un punto a 16.3 millas al este de Papallacta y a una elevación de 6290 pies sobre el nivel del mar. Es una roca vesicular color gris muy oscuro, ligeramente porfirítica, un poco oxidada debido a la meteorización. La matriz se compone de pequeños microlitos de plagioclasa básica fresca, toscamente orientada en una estructura de flujo y distribuida en una mesostasis de vidrio oscuro alterado, el cual está relleno de multitud de manchas de óxido de hierro. Adicionalmente, existen gránulos de olivino parcialmente alterado, gránulos de augita y pequeños cristales de magnetita. Dispersos por toda la matriz existen, algo más grandes, pero no fenocristalinos, cristales de labradorita, olivino y augita. La roca también tiene fenocristales de labradorita zonada, bien definida, comúnmente muy corroída y rellena de una masa que está distribuida local- y heterogéneamente en el feldespato; y cristales de augita, algo euhedrales, otros exhibiendo corrosión, con el desarrollo de márgenes casi incoloros algo brillantemente polarizantes, muy distintos de la parte principal de los cristales. La augita es levemente pleocroica verde-grisácea a rojo-rosado, ópticamente positiva, $Z \wedge c$ = 38°-10°, y tiene una dispersión distinta. La roca es un basalto, no-afectado por movimientos dinámicos y con muy pocos rastros de meteorización. Seguramente es más joven que el esquisto, y quizá aún más joven que la andesita silicificada y caolinizada No. 2-b que se encuentra en la vecindad de Papallacta. Esto, sin embargo, es puramente conjetural. Probablemente la lava pertenece a algún volcán cercano.

- **El *Espécimen 2*** representa una ocurrencia cerca de Chalmayaca, 9000 pies hacia el sur del final del camino a Baeza. Es de color gris muy oscuro, textura fina y porfirítica, con fenocristales de aspecto “gredoso”.

La matriz es hialocristalina, rellena con muchos microlitos diminutos de plagioclasa, agrupados en una estructura de flujo; además contiene parches irregulares de un material claro, de bajo índice de refracción, compuesto por tridimita en forma de su característica macla en “cuña” o “cabeza de lanza”. Los fenocristales son de plagioclasa clara, y de hornblenda y biotita completamente alteradas. La plagioclasa está pobremente maclada, pero fuertemente zonada; la zonación es tan prominente y el cambio en la composición tan continua, que los fenocristales de plagioclasa no extinguen por completo en cualquier posición

A juzgar por los índices de refracción, considerablemente más altos que el bálsamo, y extinciones aproximadas (no se encuentra una extinción completa) medidas a partir del clivaje, los fenocristales de feldespato tienen una composición promedio correspondiente a una andesina básica. Están veteados con un material isotrópico cuyo índice de refracción es considerablemente menor que 1.535, asemejándose a la analcita (?), clara e incolora en luz transmitida, pero un poco opalescente en luz reflejada.

Los fenocristales de hornblenda y biotita han sido completamente convertidos en finos agregados mixtos de magnetita y hornblenda. Un poco de magnetita como granos euhedrales, un poco de pequeños cristales de augita fresca, y ocasionalmente cristales túrbidos de apatito, conforman los minerales accesorios.

La roca no ha sido sometida a algún esfuerzo de deformación; es una simple andesita con una simple historia, mucho más joven que los esquistos, y posiblemente relacionada en tiempo y origen al basalto No.10.

V. BIBLIOGRAFÍA

(*1*) COLONY R. J. and SINCLAIR JOSEPH H. (1928) The lavas of the volcano Sumaco, Eastern Ecuador [Las lavas del volcán Sumaco, Este del Ecuador], South America. Amer. Jour. Sci., XVI. Pp. 299-312

(*2*) REISS WILHELM (1870-1874) Die Älteren Gesteine der ecuatorianischen Ost-Cordillere, Ecuador [Las antiguas rocas de la Cordillera Occidental ecuatoriana, Ecuador]. Berlin, 1901-1904, pp- 187-304.

(*3*) REISS WILHELM and STÜBEL ALPHONS (1870-1874) Reisen in Südamerika. (Das Hochgebirge der Republik Ecuador. Petrographische Untersuchungen) [Viajes en Sudamérica (La Cordillera de la República del Ecuador. Investigaciones petrográficas)]. Berlin Reiss Wilhelm: Ecuador 1870-1874, Berlin 1901-1904

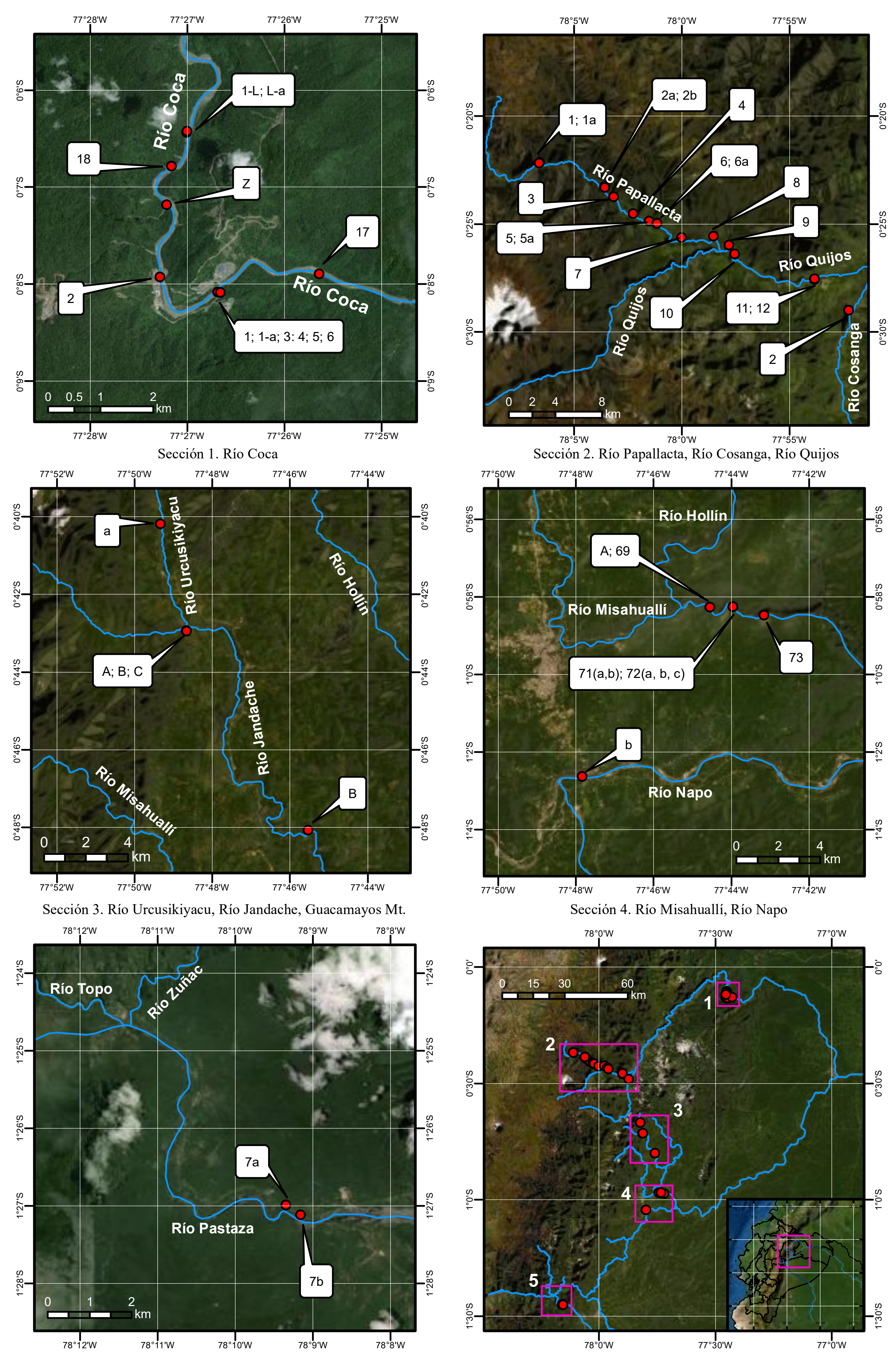
(*4*) JOSEPH SINCLAIR H. **(1929)** In the land of cinnamon. A journey in Eastern Ecuador [En la tierra de la canela. Un viaje en el Este del Ecuador]. The Geographical Review, New York, XIX, pp. 201-207.

(*5*) JOSEPH SINCLAIR H. and WASSON THERON (1923) Explorations in Eastern Ecuador. [Exploraciones en el Este del Ecuador]. The Geographical Review, New York, XIII, pp. 190-210

(*6*) WASHINGTON H. S. (1917) Chemical analyses of igneous rocks [Análisis químico de rocas ígneas]. Professional paper 99, U.S.G.S.

(*7*) WASSON THERON and SINCLAIR JOSEPH H. (1927) Geological explorations east of the Andes in Ecuador [Exploraciones geológicas al Este de los Andes en Ecuador]. Bulletin of the American Assoc. Of Petroleum Geologists, Tulsa, IX, pp. 1253-1281.

Posible ubicación de las muestras



Sección 1. Río Coca

Sección 2. Río Papallacta, Río Cosanga, Río Quijos

Sección 3. Río Urcusikiyacu, Río Jandache, Guacamayos Mt.

Sección 4. Río Misahuallí, Río Napo

Sección 5. Río Pastaza, Río Topo, Río Zuñac

Ubicación de las secciones

